

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ОБСЛУЖИВАНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ

TIANYOU LI, State Grid Fujian Electric Power Company Limited, China

QIUJIN LIN, Quanzhou Power Bureau, China

GENGHUANG CHEN, Quanzhou Power Bureau, China

В настоящей книге представлено описание изучения методов и технических приемов работы на распределительных электрических сетях под напряжением, которые тесно связаны с практикой выполнения работ в полевых условиях и опытом оперативного управления. Целый ряд подробных иллюстраций выполнения работ в полевых условиях, а также панорамные графики полевых работ представлены читателю, чтобы помочь понять и рассмотреть практические аспекты, которые стоят в рамках инженерных задач.

- Представлена технология производства работ под напряжением в процессе эксплуатации и обслуживания распределительных сетей среднего напряжения и электросетей низкого напряжения, охватывая методы и технику исполнения работ на распределительных сетях под напряжением в разрезе производства полевых работ и приобретенного опыта выполнения эксплуатации и обслуживания
 - Детально приведены технические основные принципы действия при производстве работ под напряжением с применением современных технологий и инструментов, описывая приемы производства работ
 - В тесной взаимосвязи теории и практики, книга предоставляет техническое руководство и полезные ссылки для технического персонала, который вовлечен в оперативное управление системами распределения, а также рассчитана на преподавателей и исследователей в затрагиваемой области
 - Созданная группой авторов, имеющих большой опыт как в промышленной, так и академической сфере, книга представляет описание «из первых рук» тех задач, которые стоят перед компаниями, специализирующимися в области распределительных электрических систем, и предлагает описание рациональных теоретических основных принципов и богатого опыта производства полевых работ
- Этот полезный справочник предназначен для инженеров, студентов старших курсов электротехнических специальностей, отраслевых специалистов, для которых представленный в книге исчерпывающий текст станет полезным подспорьем.

Дизайн обложки: Wiley

27.9mm

Иллюстрация
обложки:
при
участии
авторов

ЛИН
ЧЭНЬ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ОБСЛУЖИВАНИЕ
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
СЕТЕЙ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ



ISBN 978-1-119-05553-2



9 781119 055532

WILEY

WILEY

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ОБСЛУЖИВАНИЕ СЕТЕЙ
ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО
ВРЕМЕНИ**

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ОБСЛУЖИВАНИЕ СЕТЕЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Тянью Ли

Компания State Grid Fujian Electric Power Company Limited, Китай

Чиужин Лин

Электротехническое бюро Quanzhou Power Bureau, Китай

Чэнхуан Чэнь

Электротехническое бюро Quanzhou Power Bureau, Китай

Издательством John Wiley & Sons Singapore Pte. Ltd, было впервые опубликовано в 2017, на основании исключительной лицензии электронного электротехнического печатного издания: China Electronic Power Press, выданной для всех средств массовой информации и на всех языках мира (за исключением упрощенного и традиционного китайского письма) (за исключением континентального Китая) и неисключительной лицензии для электронных изданий на континентальном Китае.

Все права защищены. Настоящая публикация не может воспроизводиться, храниться в поисковой системе, либо передаваться частично или полностью в форме электронного, механического воспроизведения, фотокопирования, выполнения записей и другими способами воспроизведения, за исключением случаев, предусмотренных по закону. Рекомендации к получению разрешения для повторного использования материала на основании этого права приведены по ссылке: <http://www.wiley.com/go/permissions>.

Права Тянью Ли, Чиужин Лин и Чэнхуан Чэнь, подлежащие реализации при определении указанных лиц в качестве авторов этой работы, заявлены в соответствии с законом.

Зарегистрированные офисы:

John Wiley & Sons, Inc., 111 River Street, Hoboken, NJ 07030, USA (США)

John Wiley & Sons Singapore Pte. Ltd, 1 Fusionopolis Walk, #07-01 Solaris South Tower, Singapore 138628 (Сингапур)

Редакция издательства:

1 Fusionopolis Walk, #07-01 Solaris South Tower, Singapore 138628 (Сингапур)

Подробную информацию о редакциях издательства, действующих по всему миру, обслуживанию клиентов и других продуктах издательства «Wiley» можно получить на вебсайте нашего издательства: www.wiley.com.

Издательство «Wiley» также осуществляет публикации в различных печатных и электронных форматах и по заказу. Некоторые материалы, содержащиеся в стандартных печатных версиях, могут отличаться от других печатных форматов.

Предел ответственности и отказ от гарантии

Приложив свои максимальные усилия для составления этой книги, издательство и автор не предоставляют каких-либо заявлений или гарантий в отношении точности или полноты содержания данной книги и, в частности, отказываются, среди прочего, от всех подразумеваемых гарантий, включая гарантии пригодности для определенной цели. Торговые представители, какие-либо рекламные заявления об этой работе не создают или не продлевают какие-либо гарантии. Факт того, что какое-либо учреждение или веб-сайт, или продукт упоминаются в этой книге, предоставляя цитату и(или) возможный источник получения дополнительной информации, не означает, что издательство или автор рекламируют информацию или услуги организации, вебсайт или продукт, которую может предоставить учреждение или веб-сайт, либо рекомендации, которые могут быть предоставлены ими. Продажа этой книги осуществляется с явным представлением того, что издательство не вовлечено в процесс оказания профессиональных услуг. Рекомендации и стратегии, содержащиеся в этой книге, могут не подходить к вашей ситуации. При необходимости вам следует обратиться к специалисту. Кроме этого, читателю следует знать, что интернет-сайты, перечисленные в данной книге, могли измениться, либо прекратить свою активность в промежуток написания и до момента прочтения книги. Издательство и автор не несут ответственности за упущенную прибыль или другие коммерческие убытки, включая, среди прочего, особые, случайные, последующие и другие убытки.

Использована библиографическая запись Библиотеки Конгресса США.

Авторы: Li, Tianyou, 1963. | Lin, Qiujiu, 1969 | Chen, Genghuang, 1970

Название: Эксплуатация и обслуживание распределительных электрических сетей под напряжением/ Live line operation and maintenance of power distribution networks / Tianyou Li, Qiujiu Lin, Genghuang Chen.

Описание: Singapore ; Hoboken, NJ : John Wiley & Sons Singapore, 2017. | Включает библиографические ссылки и алфавитный указатель.

Идентификация печати: LCCN 2016053366 (печатное издание) |

LCCN 2017001010 (электронная книга) |

ISBN 9781119055532 (в тканевом переплете) |

ISBN 9781119055556 (в формате pdf) |

ISBN 9781119055563 (электронная публикация)

Темы: LCSH: Электрические линии—Обслуживание и ремонт. | Распределительные электрические системы. | Электрические сети.

Классификация: LCC TK3226 .L447 2017 (печатное издание) | LCC TK3226 (электронная книга) | DDC 621.319/2—dc23

Запись библиотеки конгресса приведена по ссылке: <https://lccn.loc.gov/2016053366>

Дизайн обложки Wiley

Иллюстрация обложки: при участии авторов

Шрифт Warnock, размер кегля 10/12пт, напечатано SPi Global, Pondicherry, India (Индия, г. Пондишери)

10 87654321

Введение

В связи с повышением требований к качеству электроснабжения, электроэнергетические компании должны принять технические и управленческие меры для повышения надежности электроснабжения. В соответствии с рабочими данными энергосетей как внутри страны, так и за рубежом, в настоящее время большая часть перебоев при подаче электричества потребителю вызвана системой распределения электроэнергии, при этом, отключения подачи электроэнергии, связанные с сетями среднего и низкого напряжения, составляют примерно 90% от общего числа отключений электричества. Кроме того, согласно статистическому анализу надежности электроснабжения за несколько лет, в настоящее время 70% причин отключения подачи электроэнергии связаны с трансформацией сетей, подключениями к сети для расширения производства и плановым техобслуживанием распределительных электрических сетей. Внедрение методов производства работ при бесперебойной подаче электроэнергии может значительно снизить отключения подачи электроэнергии потребителям.

Производство работ при бесперебойной подаче электроэнергии означает способы испытания, техобслуживания и строительства линий электропередачи или оборудования в распределительных электрических сетях без перерыва подачи электроснабжения потребителю. Одним из способов является работа непосредственно на распределительных линиях электропередачи или оборудовании под напряжением, то есть работа на линии под напряжением; другим способом является работа на распределительных линиях электропередачи или оборудовании при отключении подачи электроэнергии с продолжением подачи электричества потребителю с применением обходных или передвижных устройств. С постоянным развитием и улучшением методов производства работ под напряжением, проекты, связанные с производством работ на распределительных линиях электропередачи под напряжением постепенно стали преобладать над проектами, связанными с производством работ на линиях с отключением подачи электроэнергии. Кроме того, поскольку методы с применением обходных и передвижных источников электроснабжения уже широко использовались, а некоторые виды работ, такие как замена распределительных трансформаторов и изменение расположения воздушных линий электропередач, не могут быть реализованы непосредственно при помощи работ под напряжением, может быть внедрено применение обходных или передвижных источников электроснабжения для обеспечения временного электроснабжения для обеспечения нагрузок в рабочей области, с отключением подачи электроэнергии перед началом работы, обеспечивая, таким образом, бесперебойную подачу электроснабжения потребителю. Таким образом, производство работ на распределительных электросетях было преобразовано из традиционного режима работы с отключением подачи электроэнергии в режим, дополненный производством работ под напряжением, который в последующем может развиваться в производство работ преимущественно при бесперебойной подаче электроэнергии потребителю. Это новая революция в области методов производства работ в электросетях, которая несомненно улучшит надежность электроснабжения и окажет положительное экономическое и социальное влияние. Настоящая книга имеет цель внести свой небольшой вклад в эти революционные методы производства работ по обслуживанию электросетей. Книга последовательно знакомит с теоретическими основами и инструментами производства работ по обслуживанию распределительных сетей при бесперебойной подаче электроэнергии, излагает основные принципы производства работ, процедуры и методы производства работ для типовых проектов, и обобщает опыт организации производства и практические организационные меры безопасности на объектах. Данная книга последовательна и имеет практическую направленность, ее легко читать и она подходит для самостоятельного изучения. Авторы считают, что книга будет полезна для экспертов, участвующих в управлении эксплуатацией распределительных электрических сетей, в особенности для производства работ при бесперебойной подаче электроэнергии потребителю.

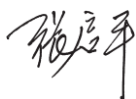
Мы выражаем свою сердечную признательность преподавателям Сяо Ланю, Чжу Лянлюэ за поддержку, главному инженеру, имеющему ученое звание профессора Чэнь Сяоцзе за его ценное мнение, старшему техническому сотруднику Чжан Чжэньюю за предоставление широкого ряда эксплуатационных данных по производству работ под напряжением на линиях низкого напряжения, профессору Сюй Бинию, доктору Нинюань Вану, и доктору Тони Ипу, доктору Вэньпэн Луаню за проверку перевода с китайского на английский.

Авто

Предисловие

Надежность электроснабжения зависит от безопасности и надежности электросетей высокого напряжения и распределительных электросетей среднего и низкого напряжения. Более чем за 30 лет развития с момента начала реализации реформы и политики открытости электросети высокого напряжения Китая прошли путь непрерывного развития структуры, эксплуатации и организации сетей, с существенным улучшением безопасности и надежности. Сети среднего и низкого напряжения обслуживают непосредственно потребителей. Структура сетей, эксплуатация и управление нуждаются в дальнейшем усилении. В части, касающейся эксплуатации и управления, соответствующее техобслуживание по состоянию и производство работ под напряжением представлены в качестве значимых мер по улучшению безопасности и надежности распределительных сетей среднего и низкого напряжения. Производство работ на распределительных сетях при бесперебойной подаче электропитания расширяет контекст производства работ под напряжением и может еще более улучшить надежность электроснабжения. В отношении методов производства работ по обслуживанию на распределительных сетях при бесперебойной подаче электроэнергии комплексно и систематично описываются основы методов производства работ по обслуживанию распределительных сетей при бесперебойной подаче электроэнергии и эксплуатации сетей, которые имеют большое практическое значение. В число авторов данной книги входят эксперты, в течение длительного времени принимавшие участие в исследованиях и технологических разработках структуры распределения и эксплуатации сетей и управлению ими, а также руководитель группы, который непосредственно отвечает за производство работ по обслуживанию распределительных сетей при бесперебойной подаче электроэнергии, и соответствующий преподавательский и научно-исследовательский персонал. Таким образом, данная книга может предоставить как теоретические основы в технологии распределительных сетей, так и практический опыт. Книга является уникальной, так как богата детальными изображениями и иллюстрированными примерами из практики. Я считаю, что данная книга может быть систематизированным техническим руководством и полезным справочником для общеинженерного и технического персонала, участвующего в производстве работ по обслуживанию распределительных сетей при бесперебойной подаче электроэнергии, а также для тех, кто занимается преподавательской и научно-исследовательской деятельностью в соответствующей области.

Принимая во внимание вышеизложенное, данное вступление составил:



Главный инженер
Государственные электросети Китая
г.Пекин, 8 февраля 2013 года

Введение

С экономическим развитием и улучшением уровня жизни населения, требования потребителей к надежности электроснабжения все более и более возрастают. Производство работ по обслуживанию распределительных сетей при бесперебойной подаче электроэнергии потребителю является наиболее прямой и эффективной мерой по повышению надежности электроснабжения. В данной книге, обладающей большой практической ценностью, последовательно и систематично изложены методы, способы и практика производства работ по обслуживанию распределительных сетей при бесперебойной подаче электроэнергии, и приведены подробные сведения о технической базе и принципах работы; книга объединяет практику и опыт управления, современные прикладные технологии, инструменты и методы производства работ, стремясь связать воедино теорию и практику.

Книга состоит из 10 глав. В главах 1 и 2 изложены структура распределительной сети и основная концепция производства работ по обслуживанию распределительных сетей при бесперебойной подаче электроэнергии, читателю дается общее представление о распределительных сетях среднего и низкого напряжения и методах производства работ по обслуживанию распределительных сетей при бесперебойной подаче электроэнергии. Главы 3-6 содержат базовую теоретическую информацию о методах производства работ под напряжением, касающуюся инструментов, изолированных воздушных устройств и методов их испытаний, которые являются фундаментальной частью методов производства работ по обслуживанию распределительных сетей при бесперебойной подаче электроэнергии. В главах 7-9 изложены основные способы, рабочие процедуры и методы производства работ по обслуживанию распределительных сетей при бесперебойной подаче электроэнергии, которые являются основной частью производства работ по обслуживанию распределительных сетей при бесперебойной подаче электроэнергии. В главе 10 говорится об управлении работами и экстренных мерах при производстве работ по обслуживанию распределительных сетей при бесперебойной подаче электроэнергии, и приведены практические знания для менеджеров и рабочих о производстве работ по обслуживанию распределительных сетей при бесперебойной подаче электроэнергии.

Данная книга может использоваться как рабочая инструкция, так и в качестве учебника для профильного обучения технического, квалифицированного и управленческого персонала, участвующего в производстве работ по обслуживанию распределительных сетей при бесперебойной подаче электроэнергии, занятого на электросетевых, промышленных и горнодобывающих предприятиях, а также может изучаться и применяться преподавателями и студентами в рамках соответствующих дисциплин в профессиональных высших учебных заведениях и технических колледжах.

Оглавление

Предисловие

Вступление

Введение

1 Обзор 1

- 1.1 Основная концепция производства работ по обслуживанию распределительных сетей при бесперебойной подаче электроэнергии потребителю 1
 - 1.1.1 Основной метод производства работ под напряжением 1
 - 1.1.2 Производство работ с применением обходных и передвижных устройств 3
 - 1.1.3 Разработка методов производства работ 4
 - 1.1.4 История развития работ под напряжением 4
 - 1.1.5 От производства работ под напряжением до роботов-манипуляторов 6
 - 1.1.6 Производство работ под напряжением на вертолете 7
 - 1.1.7 История развития работ под напряжением до работ при бесперебойной подаче электроэнергии потребителям 9
- 1.2 Надежность электроснабжения и потери при отключении подачи электроэнергии 9
 - 1.2.1 Показатели надежности 9
 - 1.2.2 Анализ показателей надежности электроснабжения 10
 - 1.2.3 Потери при отключении подачи электроэнергии 12
- Литература 16

2 Распределительная сеть и методы производства работ 17

- 2.1 Основная концепция распределительной сети 17
- 2.2 Основная конфигурация распределительной сети 19
 - 2.2.1 Конфигурация распределительной сети 19
 - 2.2.2 Компоненты воздушной распределительной сети 21
 - 2.2.3 Компоненты кабельной распределительной линии 27
 - 2.2.4 Другое типовое оборудование для работ на распределительных сетях 32
- 2.3 Технические принципы производства работ на распределительных сетях бесперебойной подачи электроэнергии потребителю 39
 - 2.3.1 Потенциал земли 40
 - 2.3.2 Средний потенциал 41
- 2.4 Типы опор распределительной линии и производство работ под напряжением 42
 - 2.4.1 Классификация типов опор 43
 - 2.4.2 Расстояние между проводами на мачте и расстояние от проводов до окружающих объектов 44
 - 2.4.3 Типы опор для производства работ под напряжением 45
- Литература 46

3 Теоретическая основа методов производства работ 47

- 3.1 Анализ воздействия электричества на организм человека 47
 - 3.1.1 Воздействие электрического тока на организм человека 47
 - 3.1.2 Воздействие электрического поля на организм человека 48
- 3.2 Работы в условиях перенапряжения 49
 - 3.2.1 Коммутационное перенапряжение 50
 - 3.2.2 Крайовременное перенапряжение 51
- 3.3 Электрическая прочность изоляции 53
 - 3.3.1 Электропроводность и сопротивление изоляции 55
 - 3.3.2 Электрическая прочность и разрядные характеристики изоляции 57
- 3.4 Координация изоляции и минимальные изоляционные расстояния 61
 - 3.4.1 Координация изоляции 61
 - 3.4.2 Минимальные изоляционные расстояния 64
- Литература 66

4 Типовые рабочие инструменты и практика применения 67

4.1	Электротехнические инструменты	67
4.1.1	Типовые материалы для изоляции	67
4.1.2	Изолирующая штанга	69
4.1.3	Изолированные жгуты и шнуры	71
4.2	Средства защиты	75
4.2.1	Изолирующие экранирующие устройства	76
4.2.2	Изоляционное покрытие	77
4.2.3	Изолирующие средства защиты	78
4.3	Другие инструменты	81
4.3.1	Натяжные устройства	81
4.3.2	Рычажная таль с изолирующей лентой	81
4.3.3.	Контрольно-измерительные приборы	82
4.4	Изготовление рабочих инструментов	85
4.4.1	Выбор материала	86
4.4.2	Параметры проектирования, технологии и процессы изготовления	87
4.4.3	Имитационное вводное и практическое обучение	89
4.5	Применение и оперативное управление рабочими инструментами	90
4.5.1	Хранение и обслуживание инструментов, используемых для производства работ под напряжением	90
4.5.2	Склад инструментов, используемых для производства работ под напряжением и управление инструментальным хозяйством	91
4.5.3	Современная идентификация и интеллектуальное управление инструментальным хозяйством	99
	Литература	100
5	Методы испытаний рабочих инструментов	101
5.1	Виды испытаний инструментов	101
5.1.1	Классификация испытаний	101
5.1.2	Виды испытаний материалов	102
5.1.3	Технические стандарты обеспечения испытаний	103
5.2.	Испытания типовых электротехнических инструментов	104
5.2.1	Испытания изолированной штанги	104
5.2.2	Испытания изолированной лебедки	111
5.2.3	Испытания жесткой изолирующей лестницы	112
5.2.4	Испытания изолированного жгута	113
5.2.5	Испытания изолированных ручных инструментов	116
5.2.6	Испытания изоляционных экранирующих покрытий	118
5.2.7	Испытания диэлектрических ковров	122
5.2.8	Испытания изолирующей спецодежды (накладки)	123
5.2.9	Испытания диэлектрических перчаток	125
5.2.10	Испытания диэлектрической обуви	126
5.2.11	Испытания диэлектрических касок	127
	Литература	
6	Применение подъемных устройств с изолирующими звеньями и платформами	129
6.1	Подъемные устройства с изолирующими звеньями	129
	Подъемные устройства с изолирующими звеньями:	
6.1.1	Введение	129
6.1.2	Применение и эксплуатация подъемных устройств с изолирующими звеньями	131
6.1.3	Сервисное обслуживание подъемных устройств с изолирующими звеньями	135
6.1.4	Испытания подъемных устройств с изолирующими звеньями	136
6.2	Изолирующие платформы	153
6.2.1	Изолирующие платформы: Введение	153
6.2.2	Применение и эксплуатация изолирующих платформ	154
6.2.3	Испытания изолирующих платформ	155

6.3	Робот-манипулятор	160
6.3.1	Роботы-манипуляторы: Введение	160
6.3.2	Рабочие инструменты	167
6.3.3	Испытания функциональных характеристик изоляции	169
	Литература	172
7	Производство работ под напряжением на распределительных сетях среднего напряжения	174
7.1	Основные процедуры и методы производства работ	174
7.1.1	Метеорологические условия для производства работ	174
7.1.2	Основные рабочие процедуры	176
7.1.3	Рабочие инструкции	177
7.1.4	Основные методы производства работ	178
7.2	Производство несложных и постоянных работ	180
7.2.1	Ремонт проводов	180
7.2.2	Работы под напряжением: подключение (снятие) обходных перемычек без нагрузки	182
7.2.3	Замена натяжных гирлянд	192
7.2.4	Замена траверс и изоляторов подвесных опор	194
7.2.5	Замена громоотводов	196
7.3	Производство сложных и комплексных работ	197
7.3.1	Установка опор под напряжением	198
7.3.2	Замена подвесных опор	205
7.3.3	Замена подвесных опор на натяжные опоры	209
7.3.4	Замена выключателей, установленных на опоре, под нагрузкой	212
7.3.5	Установка расцепителей, установленных на опоре, под нагрузкой	218
	Литература	222
8	Производство работ под напряжением на распределительных сетях низкого напряжения	223
8.1	Основные методы производства работ	223
8.1.1	Мероприятия по технике безопасности	223
8.1.2	Технические приемы	224
8.2	Средства и методы производства работ	225
8.2.1	Соединение под напряжением провода низкого напряжения абонентской линии	225
8.2.2	Подключение источника питания для распределительной коробки низкого напряжения	226
8.2.3	Ремонт проводов абонентской линии под напряжением	227
8.2.4	Замена под напряжением электрического счетчика в трехфазной четырехпроводной сети	227
8.2.5	Отсечение под напряжением вышедшего из строя электрического счетчика	228
	Литература	229
9	Работы на обходных линиях и передвижных установках	230
9.1	Основные методы производства работ на обходных линиях	230
9.1.1	Проводка обходного кабеля	230
9.1.2	Методы производства работ на обходных воздушных линиях	234
9.1.3	Мероприятия по технике безопасности для работ на обходных линиях	236
9.2	Методы производства работ с применением передвижной генераторной установки	237
9.2.1	Принцип действия и подключение	237
9.2.2	Работа передвижного генератора	238
9.2.3	Организация подачи электроэнергии через передвижной генератор	244
9.3	Методы производства работ с применением аварийных источников электропитания (EPS)	246
9.3.1	Принцип действия EPS	246
9.3.2	Работа EPS машин	248
9.3.3	Важнейшие элементы для обеспечения электропитания через EPS машины	248
9.3.4	Обслуживание EPS машин	249

- 9.4 Методы производства работ с применением сборной передвижной трансформаторной установки 251
- 9.4.1 Принцип подачи электроэнергии через сборную передвижную трансформаторную установку 251
- 9.4.2 Замена трансформатора, размещенного на опоре 252
- 9.5 Методы производства работ на кабельной проводке при бесперебойной подачи электроэнергии потребителю 255
- 9.5.1 Организация линии электропитания через обходной кабель 255
- 9.5.2 Типовое оборудование для производства работ 259
- 9.5.3 Основные методы производства работ 267
- Литература 283

10 Оперативное управление и меры по ликвидации аварий 284

- 10.1 Оперативное управление 284
 - 10.1.1 Организация и управление 284
 - 10.1.2 Управление безопасностью 285
 - 10.1.3 Соответствующие требования и технические стандарты 286
 - 10.1.4 Документы по оперативному управлению 287
 - 10.1.5 Оперативное управление новыми объектами 287
 - 10.1.6 Управление новыми проектами НИИ 288
- 10.2 Обучение и организация работ 288
 - 10.2.1 Вводный инструктаж для новых техников 288
 - 10.2.2 Ежедневная подготовка техников 289
 - 10.2.3 Оценка и управление деятельностью техников 289
 - 10.2.4 Учебная база 289
- 10.3 Оперативные меры по ликвидации аварий 290
 - 10.3.1 Меры по ликвидации аварий в экстремальных погодных условиях 290
 - 10.3.2 Экстренные меры в случае поломки рабочих инструментов 291
 - 10.3.3 Экстренные меры при причинении вреда здоровью или жизни техника 292
 - 10.3.4 Обучение и учебные сборы 294
- Литература 294

Приложение: Рабочие инструкции для производства работ при бесперебойной подаче электропитания потребителю (Шаблон) 295

Приложение 1: Общие указания к безопасному производству работ под напряжением 304

Приложение 2: Порядок применения типовых рабочих инструментов 310

Алфавитный указатель 320

1 Обзор

В этой главе излагается основная концепция производства работ по обслуживанию распределительных сетей при бесперебойной подаче электроэнергии потребителю и разработка методов производства работ, описываются и анализируются показатели надежности электроснабжения, и объясняется влияние методов производства работ по обслуживанию распределительных сетей при бесперебойной подаче электроэнергии, благодаря чему читатель получает общее представление о значении производства работ по обслуживанию распределительных сетей при бесперебойной подаче электроэнергии.

1.1 Основная концепция производства работ по обслуживанию распределительных сетей при бесперебойной подаче электроэнергии потребителю

В основном, существует два способа строительства или техобслуживания линий электропередачи и оборудования.

1) Производство работ по обслуживанию распределительных сетей при отключении подачи электроэнергии. Это традиционный способ, при котором линии электропередачи или оборудование, которые должны обслуживаться, отключаются от источника электроэнергии перед строительством и техобслуживанием. После окончания работ электроснабжение восстанавливается.

2) Производство работ по обслуживанию распределительных сетей при бесперебойной подаче электроэнергии. Это способ для испытаний, техобслуживания и строительства линий электропередачи или оборудования без перерыва подачи электроэнергии потребителям. Он включает в себя два следующих вида:

а) производство работ непосредственно на линиях или оборудовании под напряжением, т.е. производство работ под напряжением;

б) продолжение подачи электроснабжения потребителю посредством применения обходных или передвижных устройств, когда работы выполняют на обесточенных линиях или оборудовании.

1.1.1 Основной метод производства работ под напряжением

Работа под напряжением означает деятельность, при которой рабочий осуществляет непосредственный контакт с линиями (или оборудованием) под напряжением или работы на линиях (или оборудовании) под напряжением с помощью специальных рабочих инструментов, оборудования (или приборов), для проведения техобслуживания и испытаний на линиях (или оборудовании) под напряжением. Данная мера является эффективной, позволяя избежать отключения электроэнергии при выполнении обслуживания и обеспечивать бесперебойную подачу электроэнергии.

В зависимости от взаимного соотношения между электромонтером и деталями под напряжением, то есть, от того, вступает ли деталь под напряжением в прямой контакт с частями тела электромонтера, метод производства работ под напряжением можно разделить на два основных метода, а именно: контактная работа и работа на расстоянии; в соответствии с потенциалом тела рабочего, производство работ под напряжением можно классифицировать следующим образом: производство работ под потенциалом земли, производство работ под средним потенциалом и производство работ с уравниванием потенциалов.

1) Производство работ под потенциалом земли

Производство работ под потенциалом земли означает деятельность, при которой электромонтер осуществляет контакт с частью под напряжением с помощью электротехнических инструментов, при этом он имеет тот же потенциал, что и земля (вышка). В это время отношение между телом и деталью под напряжением следующее: «земля – тело – электротехнические инструменты – часть под напряжением». Смотрите на рис. 1.1 схему производства работ под потенциалом земли. Производство работ под потенциалом земли называется также производством работ под нулевым потенциалом, известным за рубежом как дистанционное производство работ. Производство работ под потенциалом земли осуществляется с использованием четырех основных методов: «поддержка, протягивание, закрепление и подвешивание», и координация этих методов служит основным средством для производства работ на расстоянии.

Ключевым в данном методе является поддержание достаточного безопасного расстояния между телом и частью под напряжением, и то, что электротехнические инструменты должны иметь надлежащее изоляционное расстояние.

2) Производство работ под средним потенциалом

Производство работ под средним потенциалом означает деятельность, при которой рабочий осуществляет контакт с частью под напряжением изолированными инструментами, при этом он всегда имеет средний потенциал между заземленной частью и частью под напряжением. В это время отношение между телом и частью под напряжением следующее: «часть под напряжением – изолятор – тело – изолятор – земля» На рис. 1.2 показана схема производства работ под средним потенциалом.

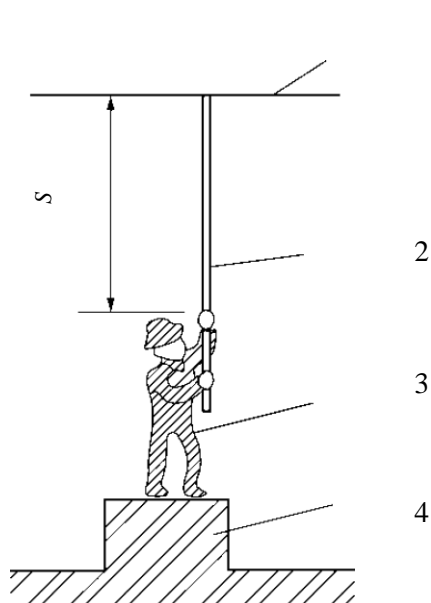


Рис. 1.1 Схема производства работ под потенциалом земли. 1—Часть под напряжением; 2—Изолятор; 3—Тело; 4—Заземленная часть.

Тело соответственно изолировано от заземленной части и части под напряжением двумя секциями изоляторов, которые не дают электрическому току проходить по телу, при этом воздушный зазор между телом и заземленной частью и частью под напряжением предотвращает разрядку части под напряжением на заземленную часть через тело. Вместе две секции воздушных зазоров известны как комплексный зазор, и принимается за S_z . Для использования производства работ под средним потенциалом важно соблюдать требования к комплексному зазору ($S_z = S_1 + S_2$). Концепция комплексного зазора будет подробнее изложен в последующих главах.

3) Производство работ с уравниванием потенциалов

Производство работ с уравниванием потенциалов означает деятельность, при которой рабочий осуществляет прямой контакт с частью под напряжением, при этом потенциал тела равен потенциалу части под напряжением. Производство работ с уравниванием потенциалов также называется контактным производством работ, и известно за границей как производство работ голыми руками.

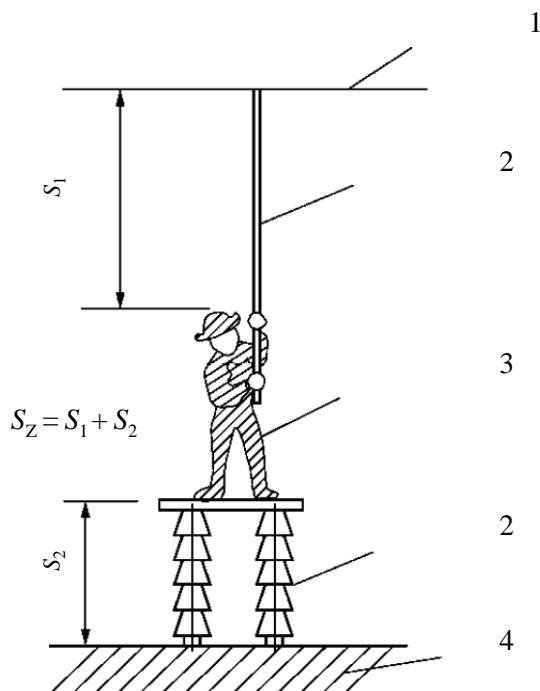


Рис. 1.2 Схема производства работ под средним потенциалом. 1—Часть под напряжением; 2—Изолятор; 3—Тело; 4—Заземленная часть.

В это время отношение между телом и частью под напряжением следующее: «часть под напряжением – тело – изолятор – земля (вышка)». На рис. 1.3 показана схема производства работ с уравниванием потенциалов.

1.1.2 Производство работ с применением обходных и передвижных устройств

1) Производство работ с применением обходных устройств

Производство работ с применением обходных устройств означает деятельность, при которой временные токопроводящие обходные линии электропередач или оборудование, такие как обходные кабели (линии) или обходные переключатели, заменяют рабочие линии или оборудование (такие как электрические цепи, выключатели или трансформаторы), которые должны быть обесточены для проведения техобслуживания и замены, и потом удаляются после восстановления нормального электроснабжения по окончании работ. Этот метод обеспечивает бесперебойную подачу электроснабжения потребителю во время производства работ.

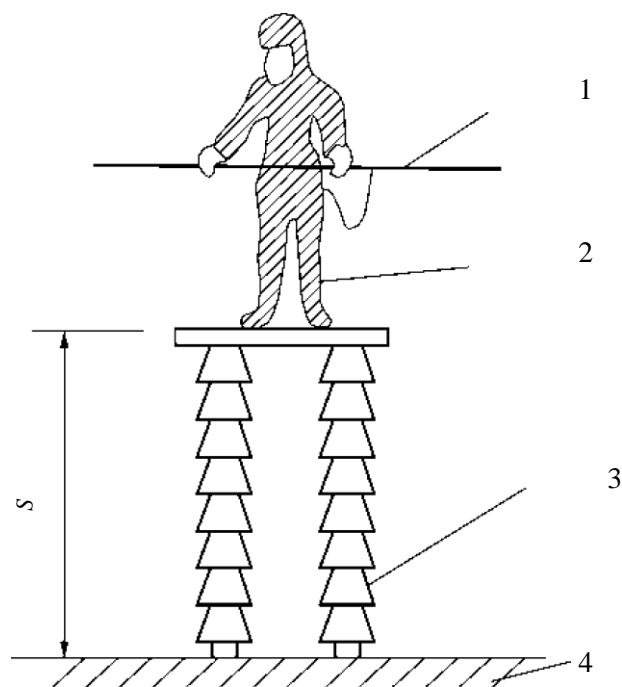


Схема 1.3 Схема производства работ с уравниванием потенциалов. 1—Часть под напряжением; 2—Тело; 3—Изолятор; 4—Заземленная часть.

Производство работ с применением обходных устройств вносит новую концепцию в традиционное производство работ под напряжением и реализует «производство работ по обслуживанию распределительных сетей при бесперебойной подаче электроэнергии потребителю» посредством комбинации нескольких технологических операций традиционного производства работ на линии под напряжением. Это показывает то, что гибкая комбинация производства работ с применением обходных устройств и традиционного производства работ под напряжением может фундаментально изменить ситуацию, когда текущие работы в электросетях основаны на производстве работ с отключением подачи электроэнергии, дополненных производством работ под напряжением.

2) Производство работ с применением передвижных устройств

Многие работы на электросетях, такие как замена распределительных трансформаторов (для увеличения мощности), перемещение воздушных линий электропередачи, или замена проводов, не могут быть осуществлены напрямую посредством производства работ под напряжением. Однако, можно осуществить их с меньшим временем отключения электроснабжения потребителей (время перерыва в электроснабжении равно времени операции переключения) или обеспечив бесперебойное электроснабжение потребителей, посредством отсоединения линий или оборудования, которые подлежат техобслуживанию, от электросетей, и продолжения подачи электроснабжения потребителю посредством подключения с помощью передвижных устройств к независимой электросети, которые потом удаляются после восстановления нормального электроснабжения по окончании работ. Это является основной идеей производства работ с применением передвижных устройств, которые включают в себя передвижные генераторы, передвижные аварийные генераторы и передвижные трансформаторы коробчатого типа.

1.2 Разработка методов производства работ

1.2.1 История развития работ под напряжением

1) История развития работ под напряжением в Китае

Производство работ под напряжением в Китае началось в 1950-х годах, которые ознаменовались восстановлением и развитием национальной экономики и требовалось многое

для этого сделать. В то время, вследствие быстрого роста производства электроэнергии, наблюдалось несоответствие объектов электроснабжения и возрастающие потребности крупных промышленных потребителей в отношении бесперебойного электроснабжения, а также возможность осуществлять обычное обслуживание с отключением подачи электроэнергии были ограничены. Для устранения несоответствия между необходимостью проведения техобслуживания линий электропередач с отключением подачи электроэнергии и бесперебойным электроснабжением потребителей, возникло производство работ под напряжением. В 1953 году Аньшаньское электроэнергетическое бюро успешно разработало простые инструменты для чистки, замены, монтажа и демонтажа под напряжением распределительных линий электропередачи или оборудования и электропроводки. В 1954 году достигнуты успехи в замене под напряжением траверс опоры, деревянных опор и изоляторов на распределительной линии электропередачи 3,3 кВ. В 1956 году была осуществлена замена под напряжением деревянных опор, траверс опоры и изоляторов на распределительных линиях электропередачи 44-66 кВ. В конце 1957 года был успешно разработан комплект инструментов для замены под напряжением изоляторов на линиях электропередачи 154-220 кВ, и был улучшен комплект инструментов для производства работ под напряжением на линиях 3,6-66 кВ. В 1958 году Шэньянская центральная лаборатория снова начала изучение прямого контакта человеческого тела с линиями электропередачи или электрооборудованием под напряжением и в первый раз успешно провела на испытательной площадке эквипотенциальное испытание по прямому контакту тела с линией 220 кВ под напряжением. Весь полученный опыт заложил прочную содержательную и техническую основу для популяризации и развития производства работ под напряжением в Китае.

В 1959–1966 годах производство работ под напряжением стало популярным благодаря тому, что крупные и средние электроснабжающие предприятия в различных регионах разработали процедуры по производству работ на линиях электропередачи под напряжением. Были разработаны методы техобслуживания от производства работ на расстоянии и производства работ с уравниванием потенциалов до обмыва изоляторов под напряжением. Были разработаны инструменты для техобслуживания и ремонта от оригинальных прочных инструментов, таких как шесты для поддержки, протягивания и подвешивания, до тросов и переносных инструментов, которые могут быть в любой комбинации, поскольку рабочие операции были распространены на такие сферы как замена проводов и громоотводов под напряжением.

В 1968 году Аньшаньское электроэнергетическое бюро успешно провело испытания по доступу к потенциалу вдоль двух натяжных гирлянд изоляторов на линии электропередачи 220 кВ.

В 1977 году бывшее Министерство водных ресурсов и электроэнергии включило производство работ на линиях под напряжением в *Рабочую инструкцию по электробезопасности*, для признания производства работ под напряжением в качестве безопасной методики. В конце 1980-х годов производство работ под напряжением ступило на новый период развития.

В начале 1990-х годов, социальная экономика Китая переживала бурное, быстрое и устойчивое развитие, вместе с тем резко возросли потребности в электроэнергии. Структурные проблемы в области источников электроэнергии и электросетей привели к очевидному несоответствию между подачей электроэнергии и потребностями, в следствие чего многие регионы стали ограничивать подачу электроэнергии. Поэтому, техническое обслуживание и строительство выполнялись в основном на обесточенных распределительных сетях среднего и низкого напряжения, а проведение работ под напряжением велось только на линиях электропередачи и трансформаторном оборудовании. Производство работ под напряжением на распределительных сетях среднего и низкого напряжения прекратилось на несколько лет. К концу 1990-х годов, с развитием строительства электросетей и электростанций, структура электросетей и источников электроэнергии была направлена на рациональность, а несоответствие между электроснабжением и потребностями в электроэнергии было устранено. Для улучшения надежности электроснабжения производство работ под напряжением на распределительных электросетях среднего и низкого напряжения постепенно стало проводиться все больше, что подтверждается быстрым развитием методов и инструментов для производства работ под напряжением и ежегодным увеличением количества рабочих операций и областей применения. В настоящее время почти все предприятия,

обеспечивающие подачу электроэнергии осуществляют работы под напряжением на распределительных сетях среднего и низкого напряжения, и готовы развивать производство работ по обслуживанию распределительных сетей при бесперебойной подаче электроэнергии.

2) Развитие производства работ под напряжением в других странах

Что касается развития производства работ на линиях электропередачи под напряжением в других странах, Россия осуществляет производство работ под напряжением в широком масштабе со многими рабочими операциями, практически охватывая сети электропередач и распределительные сети напряжением от 6 до 1150 кВ, формируя таким образом систему производства работ под напряжением. Соединенные Штаты имеют продолжительный опыт производства работ под напряжением и самые передовые методы, и инструменты производства работ. В настоящее время вертолеты и манипуляторы стали основными инструментами производства работ под напряжением в США. Другие страны, такие как Франция, Великобритания, Канада, Германия, Италия и Дания обладают уникальным опытом производства работ по обслуживанию линий электропередачи под напряжением в том, что касается инструментов и методов производства работ, характеризующимся высоким уровнем автоматизации и механизации, но специализируются на различных рабочих операциях.

Несмотря на более позднее начало, производство работ под напряжением в Японии получило быстрое развитие, особенно на распределительных линиях электропередачи, с высоким уровнем автоматизации и передовые рабочие инструменты. В настоящее время в Японии широко распространены работы, при которых рабочий управляет манипулятором в изолированной корзине подъемной платформы с изолированным звеном. Манипулятор имеет механический или гидравлический привод, и развивается в направлении робота. Компания «Kyushu Electric Power Co., Ltd.», применяющая передовые технологии, начала использовать роботов второго поколения, которые располагаются на поверхности земли для безопасной и гибкой работы.

1.2.2 От производства работ под напряжением до роботов-манипуляторов

Развитие методов производства работ под напряжением прошло четыре этапа от защитной изоляции, электротехнических инструментов, подъемной платформы с изолированным звеном до роботов-манипуляторов, которые сейчас разрабатываются. Первые три этапа характеризуются ручным производством работ под напряжением, при котором рабочий выполняет операции под высоким напряжением на линии в области сильного электрического поля. Исследования и разработка роботов-манипуляторов для производства работ под напряжением является неизбежной тенденцией для этой технологий.

1) Применение роботов-манипуляторов для производства работ под напряжением в других странах

Для улучшения безопасности и надежности работ под напряжением многие страны изучили применение роботов в электрическом поле и начали их практическое использование. В 1980-х годах США разработали и создали робота на дистанционном управлении, которого назвали Том Кэт (Tom Cat). За тот же самый период компания «Japan Kyushu Electric Power Co., Ltd.» тоже разработала роботов-манипуляторов первого поколения с копирующим управлением (управлением «ведущий-ведомый») для производства работ под напряжением и применила их в производстве электроэнергии в определенных рамках. Примерно за 30 лет разработок было создано три поколения роботов-манипуляторов для производства работ под напряжением.

- i) Первое поколение это робот с копирующим управлением (управлением «ведущий-ведомый»), который в настоящее время используется за границей. При копирующем управлении (управлении «ведущий-ведомый»), у него два манипулятора («механические руки»), контролируемые техником в операторной корзине для выполнения работ под напряжением.
- ii) Второе поколение - полуавтономный робот, который контролируется рабочим на земле. Оборудованный некоторыми зрительными и лазерными датчиками определения дальности, он может приблизительно определить расстояние до цели, и может даже осуществить точное позиционирование посредством взаимодействия человека с компьютером, но не

может определить сравнительно сложную среду.

- iii) Третье поколение – полностью автономный робот, который еще на стадии разработки. У него развитый интеллект, функции трехмерного распознавания пространства, самоуправления и независимого принятия оперативных решений.

2) Роботы-манипуляторы для производства работ под напряжением в Китае

В Китае многие электроэнергетические предприятия полностью осознают важность производства работ по обслуживанию линий электропередачи под напряжением и имеют большую потребность в роботах-манипуляторах для производства работ под напряжением. Однако, поскольку цены на роботов иностранного производства для производства работ под напряжением слишком высоки (например, японский робот первого поколения стоит в Японии 80 миллионов йен, а робот второго поколения стоит 100 миллионов йен), и классы напряжения в распределительных сетях иностранных энергосистем отличаются от классов напряжения в китайских сетях, иностранные роботы-манипуляторы с применимыми классами напряжения не соответствуют запросам китайских предприятий.

Вследствие этого целый ряд электроэнергетических управлений и научно-исследовательских организаций много лет назад предложили разработать роботы-манипуляторы для производства работ под напряжением.

Например, в начале 1990-х годов Национальный университет оборонных технологий представил технический отчет о разработке роботов для производства работ под напряжением, которая закончилась неудачно, так как в то время многие условия для этого отсутствовали. Через несколько лет, с развитием науки и технологии и более высокими требованиями людей к надежному электроснабжению и безопасному производству работ под напряжением, постепенно настало время для независимой разработки своих китайских роботов для производства работ под напряжением. В 1999 году Шаньдунская электроэнергетическая компания впервые в Китае начала проект по роботам-манипуляторам для производства работ под напряжением. В конце того же года этот проект был включен во вторую партию научно-исследовательских проектов 1999 года бывшей Государственной энергетической корпорации, которая поручила Шаньдунскому электроэнергетическому научно-исследовательскому институту разработать первый в Китае прототип робота-манипулятора для производства работ под напряжением. В марте 2002 года был успешно разработан прототип первого китайского собственного робота-манипулятора для работ под напряжением. Разработка этого прототипа робота последовала за исследованиями и разработками в области роботов с копирующим управлением (управлением «ведущий-ведомый») для производства работ под напряжением в соответствии с реальной ситуацией на электросетях в Китае и на основании многих исследований и демонстраций. Рабочие характеристики прототипа были между характеристиками иностранных роботов-манипуляторов первого и второго поколения для производства работ под напряжением. Другими словами, прототип робота управлялся оператором, который работает в изолированной корзине посредством технологии интеллектуального управления локального взаимодействия человека с компьютером. Изучение коммерциализированного прототипа было завершено в 2005 году, пробная эксплуатация коммерциализированного прототипа была начата в округе Цзинин провинции Шаньдун и округе Чанчжи провинции Шаньси. Он использовался в следующих условиях эксплуатации: класс рабочего напряжения 10 кВ и ниже, стандарт изоляционной защиты 45 кВ, и рабочая высота 19 метров.

1.2.3 Производство работ под напряжением на вертолете

Производство работ под напряжением на вертолете используется в основном на линиях электропередачи сверхвысокого напряжения для проведения следующих видов работ:



Рис. 1.4 Обмыв изоляторов под напряжением с помощью вертолета.

1) Обмыв изоляторов под напряжением с помощью вертолета. С увеличением напряжения в линиях электропередачи и развитием передачи электроэнергии на большие расстояния получил широкое распространение обмыв изоляторов под напряжением с помощью вертолета (см. Рис. 1.4), который подходит в первую очередь для обмыва изоляторов на ультра- и линиях сверхвысокого напряжения электропередач постоянного и переменного тока. Этот способ эффективно снижает перекрытие изоляторов дугой, вызванное загрязнением, и улучшает уровень изоляции и эксплуатационную надежность электросетей. Такие страны и регионы как Северная Америка, Европа, Австралия, Израиль и Япония, широко применяют обмыв изоляторов под напряжением с помощью вертолета. Тайвань и Гонконг в течение нескольких лет проводили обмыв изоляторов под напряжением с помощью вертолета. В конце 2004 года компания «China Southern Power Grid» («Южная Китайская электросеть») продемонстрировала обмыв изоляторов под напряжением с применением вертолета. В последние годы обмыв изоляторов под напряжением с помощью вертолета стал успешно проводиться на хунаньских секциях линий электропередачи сверхвысокого напряжения постоянного тока, на которые электричество поступает от компании «North China Power Grid» («Северная Китайская электросеть» и от ГЭС «Три ущелья».

При обмыве изоляторов под напряжением с помощью вертолета обычно используется деионизированная вода с сопротивлением $10000 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ и для подобной цели можно закупать деионизированную воду или приобрести фильтр для производства деионизированной воды. Изолированная водяная пушка бывает двух типов: короткая пушка и длинная пушка. Скорость потока водного обмыва составляет приблизительно 30 л/мин. , а давление в форсунке составляет приблизительно $7\text{-}10 \text{ бар}$.

Производство работ под напряжением с уравниванием потенциалов с применением вертолета. В 1979 году Майкл Куртис из США был первым, кто попробовал производить работы под напряжением с уравниванием потенциалов с применением вертолета. В 1980-х годах США, Канада и Австралия успешно разработали способ производства электротехнических работ от осмотра линий электропередачи до производства работ под напряжением с уравниванием потенциалов с применением вертолета (рис. 1.5), сделав большой шаг вперед в методах производства электротехнических работ с применением вертолета. Производство работ под напряжением с уравниванием потенциалов с использованием вертолета доказало целесообразность своего применения на практике. Этот метод можно использовать для определения дефектов оборудования на нулевом расстоянии, в том числе дефектов соединительных компонентов, проводов и заземлительных тросов и изоляторов; для ремонта и замены соединительных компонентов, дистанционные распорки для проводов и изоляторы; а также для усиления и замены полупроводов и заземлительных тросов или разрывания опрессованного соединения проводов и заземлительных тросов. Как правило, работы с уравниванием потенциалов выполняют на линейном проводе, и техник направляется на рабочее место с помощью строп для выполнения работ на центральном линейном проводе.



Рис. 1.5 Производство работ под напряжением с уравниванием потенциалов с применением вертолета.

История развития работ под напряжением до работ при бесперебойной подаче электроэнергии потребителям

На фоне стремительного развития методов производства работ под напряжением и постоянной диверсификацией работ, производство работ под напряжением постепенно распространилось на многие виды работ, которые обычно требовали отключения электроэнергии. Кроме того, получили широкое распространение методы производства работ с применением обходных и передвижных устройств. В случае таких работ как замена распределительного трансформатора и перемещение оборудования (опор и линий), которые не могут быть выполнены непосредственно с помощью производства работ под напряжением, сначала можно подключить к распределительным линиям электропередачи и оборудованию обходные или передвижные устройства для обеспечения временного электроснабжения потребителей, а потом выполнить работы на обесточенных линиях или оборудовании в рамках планового отключения, обеспечив, соответственно, бесперебойное электроснабжение потребителей. Таким образом, происходит трансформация методов производства работ в энергосетях от традиционного производства работ при плановом отключении подачи электроэнергии до производства работ при плановом отключении, дополненном работами под напряжением, а позже был осуществлен переход к производству работ при бесперебойной подаче электроэнергии. Это станет революцией в области методов производства работ на электросетях и значительно улучшит надежность электроснабжения, принеся тем самым большую экономическую и социальную пользу.

1.3 Надежность электроснабжения и потери при отключении подачи электроэнергии

Надежность электроснабжения является основным показателем качества электроснабжения электросети и используется для измерения способности электроэнергетического предприятия обеспечить бесперебойное электроснабжение потребителей. В соответствии со стандартом 1366 Института инженеров по электротехнике и электронике (IEEE Std 1366) «Руководство по показателям надежности распределения электроэнергии», надежность электроснабжения может измеряться рядом показателей.

1.3.1 Показатели надежности

Надежность электроснабжения оценивается рядом показателей. При конкретном анализе и в конкретном выражении выбираются один или несколько показателей в зависимости от характера проблемы, вместо того, чтобы использовать строго определенный показатель. Расчет и анализ надежности осуществляются в разной связи. Эти показатели имеют различные коннотации. Ниже представлены основные показатели, используемые для измерения надежности электроснабжения.

- 1) SAIFI, Показатель средней частоты отключений электроснабжения в работе системы.

$$SAIFI = \frac{\text{Общее количество отключения электроснабжения потребителей}}{\text{Общее количество обслуживаемых потребителей}} / год \quad (1.1)$$

- 2) SAIDI, Показатель средней продолжительности отключений электроснабжения в работе системы

$$SAIDI = \frac{\text{Суммарная продолжительность всех отключений электроснабжения потребителей}}{\text{Общее количество обслуживаемых потребителей}} ч/год \quad (1.2)$$

- 3) CAIDI, Показатель средней продолжительности отключения электроснабжения потребителей

$$CAIDI = \frac{\text{Суммарная продолжительность всех отключений электроснабжения потребителей}}{\text{Общее количество отключений электроснабжения потребителей}} ч. \quad (1.3)$$

- 4) ASAI, Показатель средней продолжительности электроснабжения потребителей

$$ASAI = \frac{\text{Продолжительность подачи электроснабжения потребителей в часах}}{\text{Потребность потребителей в электроснабжении в часах}} отн.ед-ц \quad (1.4)$$

- 5) Мы можем найти ASIFI из SAIDI, определенного в часах

$$ASAI = \frac{8760 - SAIDI}{8760} \quad (1.5)$$

Часто используемые показатели включают в себя надежность в эксплуатации в целом, среднее количество часов отключения электроснабжения потребителя, и среднее количество раз отключений электроснабжения потребителя.

Показатели надежности электроснабжения рассчитываются с помощью статистического метода. В настоящее время Китай использует распределительные трансформаторы среднего напряжения в качестве потребительской статистической единицы (потребители, получающие электроэнергию от сети высокого напряжения 35-110 кВ включены как отдельный тип для статистического анализа). Самые развитые страны мира используют в качестве статистической единицы каждого конечного пользователя (оснащенного измерительным прибором) с охватом вплоть до низковольтных потребителей.

1.3.2 Анализ показателей надежности электроснабжения

Китай начал работу по статистическому анализу надежности электроснабжения в середине 1980-х годов. Центр управления надежностью электроснабжения ежегодно публикует показатели надежности электроснабжения. Ниже анализируются ежегодные показатели надежности электроснабжения, опубликованные Центром.

- 1) Анализ причин отключения подачи электроэнергии потребителю

И отечественная и иностранная статистика говорят о том, что большинство отключений подачи электроэнергии потребителям связаны со распределительными электросетями среднего и низкого напряжения, как показано на рис. 1.6. Отключения электроснабжения потребителям, связанные с системами электропередачи составляют только 5%, отключения, связанные с распределительные

электрические сети высокого напряжения – только 5%, и связанные с распределительными сетями среднего и низкого напряжения – 90%.

В соответствии с показателями надежности электроснабжения в 2010 года, опубликованными Центром управления надежностью электроэнергетики, показатель продолжительности подачи электроснабжения потребителей всех городских пользователей линий 10 кВ составил 99,92%, достигнув лучшего уровня за историю; среднее количество часов отключения электроснабжения потребителя было снижено с 20,49 часов в 2005 году до 6,72 часов, снижение в размере 2,389 часов за 2009 год. В Таблице 1.1 указаны различные причины отключений электроэнергии в городах Китая в 2010 году.

В соответствии с Таблицей 1.1, по плановым отключениям, не связанным с недостаточностью мощности, количество часов-потребителей отключений составляет 71,82 % от общего количества отключений; по отключениям в связи с недостаточностью мощности, количество часов-потребителей отключений составляет 25,53% от общего количества отключений. Основные причины отключений электроснабжения потребителей заключаются в плановых отключениях, в том числе в связи с трансформацией сети, подключением к сети для расширения производства, и плановым техобслуживанием.



Системы электропередачи 5%
 Распределительные электрические сети высокого напряжения 5%
 Распределительные электрические сети среднего напряжения 75%
 Распределительные электрические сети низкого напряжения 15%

Рис. 1.6 Распределение причин отключения электроснабжения потребителей

Таблица 1.1 Обзор различных причин отключения электроснабжения в китайских городах в 2010.

Причина отключения		Частота, кол-во раз отключений	Процентная доля в общем кол-ве отключений	Вовлеченные потребители/потребитель	Часы отключения (ч.-потребители/потребитель)	%-ная доля отключений
Неисправности		62117	37,19	1030930	2305568	25,53
Плановое отключение	Недостаточная мощность	3220	1,93	79985	239239	2,65
	Без недостаточности мощности	101674	60,88	1220646	6487170	71,82
Различные отключения		167011	100	2331561	9031977	100

Таблица 1.2 Сравнение надежности электроснабжения в Китае с некоторыми развитыми странами (городами).

Страна/регион	SAIDI (мин/ потребитель)	Год	Источник информации
Китайские городские потребители	403,2	2010	Центр управления надежностью электроснабжения
Шанхай, Китай	98,82	2010	Центр управления надежностью электроснабжения
Гонконг, Китай	2,7	2009	www.clp.com.hk, 2009
Лондон, Великобритания	45,6	2008/ 2009	Управление рынков газа и электроэнергии (Ofgem), Великобритания, 2008/2009 Отчет по качеству услуг по распределению электроэнергии. 2009
Сингапур	0,69	2008	Годовой отчет компании «Singapore Power», 2008
Токио, Япония	4	2008	www.tepco.co.kr, 2009

Эти операции на распределительных сетях могут осуществляться многими методами производства работ по обслуживанию распределительных сетей при бесперебойной подаче электроэнергии потребителю.

2) Сравнение с некоторыми развитыми странами (городами)

В Таблице 1.2 приведено сравнение надежности электроснабжения в Китае в 2010 года с некоторыми развитыми странами (городами). Показатель ASAI (Показатель средней продолжительности подачи электроснабжения потребителей) китайских индивидуальных городских потребителей составляет 403,2 мин., а надежность в эксплуатации в целом достигает «трех девяток» (99,92%). Две компании, у которых среднее годовое количество часов отключения электроснабжения потребителей менее 2 часов, включают Шанхайскую муниципальную электроэнергетическую компанию (Shanghai Municipal Electric Power Company) (ASAI составляет 99,981%, а SAIDI - Показатель средней продолжительности отключений электроснабжения в работе системы - 1,647 часа) и Пекинскую муниципальную электроэнергетическую компанию (Beijing Municipal Electric Power Company) (ASAI составляет 99,978%, а SAIDI 1,931 ч). Среднее годовое количество часов отключения потребителя в Гонконге, Токио и Сингапуре составляет менее 5 минут, а надежность электроснабжения в этих регионах достигает уровня «пять девяток». Сохраняется значительный разрыв между надежностью электроснабжения в Китае и лидирующим мировым уровнем. С учетом того, что Китай использует индивидуальных потребителей среднего напряжения (каждый общий распределительный трансформатор рассматривается в качестве одного потребителя) как одну статистическую единицу «потребитель» для анализа надежности электроснабжения.

Таблица 1.3 Прогноз потребности потребителей в надежности электроснабжения в следующие 20-30 лет.

Требование по ASAI	Текущая процентная доля в общем числе потребителей	Процентная доля в общем числе потребителей в следующие 20-30 лет
99,9999%	8%–10%	60%
99,9999999%	0,6%	10%

На обработку статистических данных может повлиять человеческий фактор, поэтому реальная

надежность электроснабжения может быть ниже статистических показателей.

В Китае низкие показатели надежности электроснабжения. Несмотря на быстрый рост использования электричества и решение трудных задач по строительству и трансформации электросетей, слабая структура распределительных электросетей и устаревшие методы производства работ, и оборудование замедляют увеличение надежности электроснабжения.

3) Будущие требования к надежности электроснабжения

Согласно соответствующим данным Электроэнергетического научно-исследовательского института (EPRI) [1], электрические нагрузки компьютеризированных систем, установок и оборудования со встроенными чипами, а также чувствительного электронного оборудования в автоматических производственных линиях в США в 1980-х годах были ограничены. В настоящее время пропорция этих электрических нагрузок выросла более чем на 40% и ожидается, что она достигнет 60% в 2015 году, и, соответственно, потребуются более высокие надежность электроснабжения и качество электроэнергии электросетей. Прогноз Электроэнергетического научно-исследовательского института относительно потребностей потребителей в надежности электроснабжения на следующие 20-30 лет приведен в Таблице 1.3).

С изменением и усовершенствованием структуры промышленности и развитием новых высокотехнологичных видов промышленности, растут количество предприятий и требования к надежности электроснабжения и качеству электроэнергии.

1.3.3 Потери при отключении подачи электроэнергии

С социальным и экономическим развитием растут экономические потери и общественное влияние, вызванные отключениями электроснабжения при проведении техобслуживания.

Согласно отчету Министерства энергетики США,[2] текущая надежность в эксплуатации в США в целом составляет 99,97 %, а ежегодные экономические потери, вызванные перебоями в обслуживании, достигают, по меньшей мере, 150 миллиардов долларов США, со средними потерями 500 долларов США на человека. Потери при отключении подачи электроэнергии – это экономические потери, вызванные перебоями в обслуживании населения, в том числе потери потребителей и электроэнергетических предприятий. Поскольку потери при отключении подачи электроэнергии вызваны не вполне надежным электроснабжением, они также известны как расходы, связанные с надежностью электроснабжения.

Потери при отключении подачи электроэнергии потребителям – это экономические потери потребителей, вызванные отключениями электроснабжения, и в основном делятся на прямые потери при отключении подачи электроэнергии и косвенные потери при отключении подачи электроэнергии.

i) Прямые потери при отключении подачи электроэнергии – это потери, возникшие во время отключений подачи электроэнергии и в течение некоторого периода после отключений.

ii) Косвенные потери при отключении подачи электроэнергии – это дополнительные расходы, которые несут потребители для корректирования своей деятельности и снижения влияния отключений электроснабжения, или дополнительные расходы, которые потребители несут для использования резервных источников электроснабжения.

Потери электроэнергетических предприятий при отключении подачи электроэнергии – это обычно потери прибыли от продажи электроэнергии и расходы на ремонт при отключениях из-за неисправностей, и обычно рассчитываются как недоотпуск электроэнергии, умноженный на среднюю цену продажи. По сравнению с убытками потребителей при отключении подачи электроэнергии убытки электроэнергетических предприятий от отключений сравнительно ниже и их сравнительно легче подсчитать. В связи с этим, при рассмотрении потерь вследствие отключения подачи электроэнергии основное внимание уделяется потерям потребителей.

1) Характеристика потерь потребителей при отключении подачи электроэнергии

Потери потребителей при отключении подачи электроэнергии включают в себя:

i) физические потери вследствие брака или повреждений оборудования, таких как брак промышленной продукции, затвердение сталеплавильных печей, или порча замороженных

продуктов, и так далее;

ii) нефизические потери, включая потери производительности, вызванные остановкой производства, затраты на возобновление производства, и неудобства для работы и жизни, такие как отключение водоснабжения или невозможность смотреть телевизор.

Потери потребителей при отключении подачи электроэнергии зависят от нескольких факторов, включая тип нагрузки, длительность отключения электроэнергии, время, когда происходит отключение, дается ли предварительное уведомление, есть ли у потребителей источники резервного питания, уровни социального и экономического развития, но самое большое влияние имеет продолжительность отключения подачи электроэнергии. Связи между различными типами нагрузок и продолжительностью отключения подачи электроэнергии значительно отличаются. Потери при отключении подачи электроэнергии некоторых потребителей, таких как швейные фабрики или машиностроительные заводы, это, в основном, потери дохода, вызванные остановкой производства и они прямо пропорциональны продолжительности отключения подачи электроэнергии. Для потребителей, использующих большое количество цифровых устройств, однако, даже отключения электроэнергии на короткое время могут привести к огромным экономическим потерям, таким как потеря компьютерных системных данных, долгосрочная остановка производства на автоматических производственных линиях, бракованная продукция, или повреждение оборудования. В некоторых случаях краткосрочные отключения электроэнергии редко влияют на промышленных потребителей, эксплуатирующих оборудование для экструзионного формования или емкости с электролитическим алюминием, но долговременные отключения могут привести к затвердению пластических масс и жидкого электролитического алюминия и привести к большим экономическим потерям.

2) Оценка потерь потребителей при отключении подачи электроэнергии

Трудно точно подсчитать потери потребителей при отключении подачи электроэнергии с помощью простых математических формул. Существующие методы оценки можно условно разделить на прямую и косвенную оценку. Прямая оценка осуществляется на основе прямого изучения потерь потребителей при отключении подачи электроэнергии, а косвенная оценка выполняется посредством использования других экономических показателей или других косвенных способов. [3] Метод простой оценки представлен ниже.

$$C = Ef \quad (1.6)$$

Где C – коммерческие потери, вызванные отключениями электроэнергии, в юанях;

E – электроэнергия, не поставленная вследствие отключений электроэнергии, кВт•ч;

f – коэффициент потерь при отключении подачи электроэнергии, то есть, коммерческие потери потребителей на единицу недоотпуск электроэнергии, юань/(кВт•ч).

Коэффициент потерь при отключении подачи электроэнергии связан с характером нагрузок. У коммерческих потребителей самый высокий коэффициент потерь при отключении подачи электроэнергии, за ними следуют промышленные потребители. [4] На данный момент он составляет около 20-60 юаней/(кВт•ч) в зависимости от структуры энергопотребления.

1.4 Анализ влияния методов производства работ

Для электроснабжающих предприятий необходимо проводить техническое обслуживание распределительных сетей при бесперебойной подаче электроэнергии для улучшения надежности подачи электроэнергии, снижения потерь для общества при отключении подачи электроэнергии, минимизации всех видов отключения электроэнергии и проведения работ на линиях электропередач, улучшения рабочей среды, объективного уровня безопасности персонала и безопасности при работе с оборудованием, повышения технического уровня, уровня обслуживания и улучшения корпоративного облика. [5] Производство работ по обслуживанию распределительных сетей при бесперебойной подаче электроэнергии играет важную роль в следующих шести аспектах. [6][7]

1) В настоящее время это самая прямая и эффективная мера повышения надежности электроснабжения. В соответствии с различными причинами отключений электроэнергии в китайских городах в 2010 году, как это было проанализировано в предыдущем разделе, плановые отключения электроэнергии в распределительных сетях, включая трансформацию сети, подключение к сети для расширения производства и плановое техобслуживание, составляют 71,82 % от общего количества отключений. Это показывает то, что производство работ по обслуживанию распределительных сетей при бесперебойной подаче электроэнергии и производство работ по обслуживанию с отключением электроэнергии имеют противоположный результат. Производство работ по обслуживанию распределительных сетей при бесперебойной подаче электроэнергии обеспечивает бесперебойное электроснабжение потребителей и служит самой эффективной мерой для повышения надежности электроснабжения.

2) Имеет положительное экономическое и социальное влияние. Производство работ по обслуживанию с отключением электроэнергии вызывает прямые потери электроснабжающих предприятий и электростанций вследствие уменьшения объема электроснабжения, снижает доход от основной деятельности предприятий, осуществляющих генерацию электроэнергии и электроснабжение, и увеличивает период окупаемости инвестиций, вложенных в выработку электроэнергии. Отключения электроэнергии для проведения обслуживания также непосредственно влияют на производство и жизнь потребителей, ведут к потерям потребителей из-за отключения подачи электроэнергии, и даже оказывают влияние на социальную стабильность. Например, в городе Фуцзянь в 2010 году работы под напряжением проводались 775 раз и было поставлено на 15,7698 миллионов кВт•ч больше энергии. В соответствии с формулой (1.6), потери потребителей от отключения подачи электроэнергии снизились на 315 миллионов юаней до 946 миллионов юаней. Вместе с тем, в соответствии со средней ценой продажи 0,6 юаня/ (кВт•ч), доход электроснабжающих предприятий повысился примерно на 100 миллионов юаней.

Таким образом, внедрение производства работ по обслуживанию распределительных сетей при бесперебойной подаче электроэнергии, увеличение объемов электроснабжения и уменьшение количества отключений электроэнергии может играть значительную роль в повышении дохода электроснабжающих предприятий от продаж электроэнергии, улучшая экономическую эффективность деятельности, уменьшая количество отключений подачи электроэнергии потребителям и их потери от таких отключений, и приводя к положительному влиянию для компаний и социальной сферы.

3) Значительно улучшает эффективность труда, и, в некоторой степени, улучшает безопасность проведения работ. До осуществления традиционного производства работ по обслуживанию с отключением электроэнергии, кроме сооружений и установок на месте работ важно осуществить монтаж заземлительных проводов, подготовить место проведения работ и принять прочие необходимые меры безопасности после переноса, отключения и проверки компонентов под напряжением на линиях электропередачи или электрооборудовании на месте работ посредством операции отключения. После завершения работ необходимо удалить все заземляющие провода и восстановить электроснабжение посредством операции подключения. Эти технические меры очень важны для обеспечения безопасности и должны осуществляться в правильном порядке для того, чтобы гарантировать личную безопасность рабочих и операторов. В случае с простыми радиальными распределительными электросетями операторы обычно тратят более часа (включая время, затрачиваемое на поездку), подготавливая средства обеспечения безопасности до начала работ и перемещая средства обеспечения безопасности после проведения работ, и осуществляя выключение и включение электроснабжения. В случае с распределительными сетями, имеющими сложные режимы соединения, такими как многосекционные и многосвязные сети, имеется большое количество распределенного линейного оборудования и мест расположения, это часто занимает от двух до трех часов. Это требует больших затрат времени и средств. Кроме того, если операции переключения и меры безопасности не осуществлены или выполнены ненадлежащим образом, или осуществляются ошибочные операции, это может привести к аварийным ситуациям и даже к травмам.

При производстве работ по обслуживанию распределительных сетей при бесперебойной подаче электроэнергии потребителю отсутствует необходимость в отключении электроэнергии, или требуется осуществить только незначительное отключение и операцию переключения, меры

обеспечения безопасности легко организовать на фиксированных местах, что снижает объем и время работы и улучшает эффективность труда. Кроме того, процедуры производства работ по обслуживанию распределительных сетей при бесперебойной подаче электроэнергии стандартизированы и на месте работ специально назначенным персоналом, отвечающим за мониторинг, осуществляется точное управление и меры по контролю, что улучшает безопасность проведения работ.

4) Повышает эффективность и качество обслуживания, и создает положительный имидж обслуживающей компании. Электроснабжающие предприятия часто сталкиваются с различными требованиями, когда новые потребители надеются получить доступ к электросетям как можно скорее при обращении о подключении к электросети для расширения производства, и когда города хотят срочно осуществить перемещение линий электропередач и опор ЛЭП во время городского строительства. При проведении этих работ традиционным способом требуются плановые отключения. Для интеграции различных плановых отключений необходимо осуществлять «ежемесячный контроль и одно отключение для многих целей», что ведет к более длительному времени выполнения и большей продолжительности отключения. Производство работ по обслуживанию распределительных сетей при бесперебойной подаче электроэнергии, основанное на принципе «производства работ под напряжением и без отключения электроэнергии» может быстро удовлетворить потребности всех видов работ, связанных с электросетями, чтобы улучшить эффективность и качество обслуживания, реализовать цель высококачественного электроснабжения и обслуживания, и создать хороший имидж электроснабжающих предприятий.

5) Содействует развитию метода техобслуживания и обеспечивает более высокий уровень безопасности электросетей. При производстве работ по обслуживанию распределительных сетей при бесперебойной подаче электроэнергии, техобслуживание оборудования электросетей больше не ограничивается традиционным методом с отключением электроэнергии. С помощью техобслуживания под напряжением или работы с использованием альтернативного обходного оборудования можно осуществить своевременное техобслуживание линий или оборудования без ожидания планового отключения электроэнергии. Это помогает быстро устранить дефекты и скрытые опасности на линиях или оборудовании, сократить продолжительность «больной» работы объектов системы электроснабжения, и эффективно гарантировать безопасную работу оборудования электросетей.

6) Способствует стандартизации распределительного электрооборудования. Производство работ по обслуживанию распределительных сетей при бесперебойной подаче электроэнергии ограничено оборудованием линии электропередачи, метеоусловиями и внешней средой, и предполагает более высокие требования к стандартизации распределительных линий и оборудования. Например, конструкция типа опоры ЛЭП, выбор модели материалов и оборудования и монтаж должны быть стандартизированы в максимально возможной степени. Соответственно, это способствует стандартизации полного комплекта распределительного электрооборудования.

Литература

- 1 Yu Yixin, Luan Wenpeng. Smart Grid in 21st Century[N]. Science Times ed. B3. Sep. 6, 2010.
- 2 The U.S. Department of Energy. The Smart Grid: An Introduction[R]. 2007.
- 3 Xu Bingyin, Li Tianyou, Xue Yongduan. Service Quality Oriented Distribution Protection Issue, Electricity Distribution and Utilization. 2012, No. 3.
- 4 Zhou Limei, Fan Mingtian. Research on customer outage cost assessment and its evaluation method in urban electric power networks. Electric Power. 2006, Vol. **39**, No. 7, pp. 28–31.
- 5 Li Tianyou, Jin wenlong, Xu Binyin. Distribution Techniques[M]. Beijing: China Power Press, 2008.
- 6 IEC60743:2001: Live working-Terminology for tools, equipment and devices.
- 7 Ali Chowdhury; Don Koval, Power Distribution System Reliability: Practical Methods and Applications, Wiley-IEEE Press, 2009.

2

Распределительная сеть и методы производства работ

В дополнение к основной концепции на распределительной сети, ее компонентов и оборудования, в этой главе представлены технические принципы работ без перерыва распределения. Основное внимание уделяется устройству опор распределительных линий среднего напряжения, подходящих для производства работ под напряжением, чтобы читатель смог лучше понять принципы и методы работы объектов распределительных сетей.

2.1 Основная концепция производства работ на распределительной сети

Распределительная сеть относится к электрической сети, которая получает электроэнергию от передающей сети (или местной электростанции). Затем она поставляет и распределяет электроэнергию среди различных локальных потребителей либо с поэтапным распределением. Объекты распределительной сети, в основном, включают в себя подстанции, распределительные линии, распределительные станции, распределительные станции (площадка или здание), автоматические прерыватели, переключатели нагрузки, изолирующие переключатели и распределительные трансформаторы (монтируемые на опорах или внутри помещений). Распределительная сеть и ее защитное, измерительное и контрольное оборудование известны как распределительная система в целом. Распределительная система напрямую подключена к потребителям, поэтому требуется безопасно и надежно обеспечивать высококачественное электричество с низкими затратами на эксплуатацию и обслуживание с малыми энергопотерями. Кроме того, объекты распределительной сети должны быть совместимы с окружающей средой.

Распределительные сети могут быть классифицированы на городские и сельские распределительные сети в соответствии с различными регионами или обслуживаемыми потребителями; на воздушные и кабельные распределительные сети по типу распределительных линий: распределительные сети высокого напряжения, распределительные сети среднего напряжения и распределительные сети низкого напряжения в соответствии с различными уровнями напряжения. Распределительная сеть высокого напряжения обычно принимает напряжение 110 кВ или 35 кВ. Распределительная сеть среднего напряжения использует напряжение 10 кВ или 20 кВ (крупные корпоративные клиенты иногда используют 6 кВ). В распределительной сети низкого напряжения обычно используется 380 вольт для трехфазной четырехпроводной системы или 220 вольт для однофазной системы. [1]

На рис. 2.1 показано соотношение и разделение сетей на всех уровнях напряжения в электроэнергетической системе. Электроэнергия, вырабатываемая электростанциями, доставляется потребителям через электрические сети с различными уровнями напряжения после передачи, преобразования и распределения электроэнергии.

Подстанции высокого/среднего напряжения (ВН/СН), подключенные к распределительным сетям высокого напряжения, подают электроэнергию на соответствующие распределительные сети среднего напряжения. Электроэнергия напрямую поставляется крупным потребителям, таким как промышленные и горнодобывающие предприятия, через электрические сети высокого напряжения или распределительные сети среднего напряжения. Коммерческие и бытовые потребители, как правило, подключаются к распределительным сетям низкого напряжения, и электроэнергия подается им через распределительные трансформаторы в распределительных сетях среднего напряжения. Рис. 2.1 иллюстрирует разделение между передающими и распределительными сетями, точкой разделения между которыми является шина на стороне низкого напряжения подстанции высокого напряжения. Точка разделения между распределительными сетями и потребителями находится на входящей линии потребителя (точка разделения собственности).

Вторичная система в основном включает в себя систему релейной защиты и автоматического управления, систему дистанционного мониторинга и управления информацией и систему учета. Она обеспечивает функции защиты, измерения, настройки и управления распределительными сетками.



Рис. 2.1 Принципиальная схема разделения между передающими и распределительными сетями.

Поскольку распределительные сети напрямую подключены к потребителю, они являются ключевыми элементами, обеспечивающими качество электроснабжения. Они имеют следующие характеристики: [2]

1) Большинство отключений электроэнергии, которые испытывают потребители, вызваны распределительными сетями. Согласно статистике надежности источника питания, перебои в подаче электроэнергии, вызванные распределительными сетями, составляют около 95% от общего количества отключений электроэнергии и почти 90% - от распределительных сетей среднего и низкого напряжения, исключая перебои, вызванные недостаточной выработкой электроэнергии. Отключения электроэнергии, вызванные сетями высокого напряжения передачи и преобразования, составляют всего около 5%, как показано на рис. 1.6.

2) Более половины потерь электроэнергии при передаче в электрических сетях происходит в распределительных сетях среднего и низкого напряжения.

3) Средства защиты и управления в распределительных сетях относительно просты. Например, задержка срабатывания защитного оборудования допускается при неисправностях распределительных сетей. В то время как при неисправностях в любом положении распределительных сетей требуется быстрая защита.

4) В распределительных сетях среднего напряжения обычно используется радиальная конфигурация или конфигурация кольцевой сети с режимом работы с разомкнутой цепью. Большинство ответвлений Т-связаны. Для распределительных сетей низкого напряжения обычно используется радиальная сеть.

5) Как правило, оборудование распределительной сети имеет низкую эффективность работы. Согласно статистическим данным, нагрузка на электрические сети США составляет около 55%. Тем не менее, коэффициент использования активов распределительной сети, который составляет 75% всей сети, еще ниже. Среднегодовая нагрузка составляет всего около 44%. В Китае ситуация еще хуже. Ежегодный средний уровень нагрузки линий распределения 10 кВ и трансформаторов в большинстве городов составляет около 30%.

6) Распределительное сетевое оборудование широко распространено в городских и сельских районах как часть общественной инфраструктуры. С развитием муниципального строительства и ростом потребительских нагрузок структура сети и оборудование часто меняются.

В результате условия эксплуатации распределительных сетей могут напрямую влиять на надежность электроснабжения потребителей. Для дальнейшей работы по улучшению качества электроснабжения и эффективности работы электрических сетей крайне важно усилить технические инновации и улучшить управление распределительными сетями.

2.2 Основная конфигурация распределительной сети

2.2.1 Конфигурация распределительной сети

Распределительные сети среднего напряжения в основном состоят из распределительных линий среднего напряжения и распределительного оборудования. Они передают электроэнергию из системы передачи потребителям среднего напряжения и распределительным трансформаторам в общественных центрах нагрузки. Распределительные трансформаторы понижают напряжение для питания распределительных сетей низкого напряжения, которые включают в себя распределительные линии низкого напряжения и вспомогательное распределительное оборудование. Распределительные трансформаторы в распределительных сетях среднего напряжения служат источником питания распределительных сетей низкого напряжения. [3]

1) Конфигурация распределительной сети среднего напряжения. Распределительные сети среднего напряжения обычно делятся на два типа: радиальная или кольцевая сеть.

i) Радиальная конфигурация

Радиальная конфигурация, иногда называемая древовидной конфигурацией, организована как дерево, где у каждого клиента есть один источник поставки, как показано на рис. 2.2. Он имеет преимущества простоты, небольших инвестиций и простоты обслуживания.

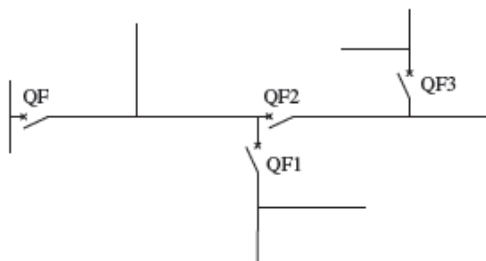


Рис. 2.2 Конфигурация радиальной системы

Однако её недостатком является низкая надежность, что делает её пригодной только для сельских районов, городов и районов с низкими требованиями к надежности электроснабжения.

ii) Кольцевая конфигурация

В конфигурации с общей кольцевой сетью два фидера из разных подстанций (или разных шин одной и той же подстанции) подключаются в стиле «рука в руку» через опорные коммутаторы или кольцевые главные блоки (RMU), как показано на рис. 2,3. Стяжные выключатели QF_L часто работают в разомкнутой цепи. Кольцевая сеть проста и высоконадежна. Это требует более высоких инвестиций, чем у радиальной конфигурации, и имеет более низкий коэффициент использования емкости фидера. Это также позволяет производить обслуживание распределительных линий с прерыванием, что значительно повышает надежность электроснабжения. Следовательно, это обычно используется в городских районах.

iii) Многосекционная и многосвязная конфигурация.

Как показано на рис. 2.4, в многосекционной и многосвязной конфигурации каждая секция фидера подключается к источнику питания. Обычно используется конфигурация с тремя источниками. Эта конфигурация характеризуется высокой надежностью и коэффициентом использования емкости фидера, а также низкими общими затратами. Однако эксплуатация и обслуживание такого рода сетей относительно сложны. Это обычно применяется в воздушных линиях

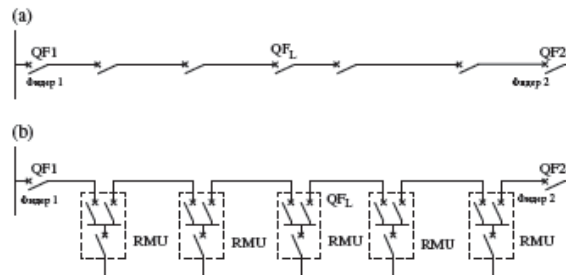


Рис. 2.3 Конфигурация кольцевой сети. (а) воздушная кольцевая сеть; (б) кабельная кольцевая сеть.

Многоцепная сеть с двумя основными источниками питания и одним резервным источником, как показано на рис. 2.5, может использоваться для увеличения коэффициента использования емкости фидера. В этой конфигурации используется резервный фидер. Таким образом, общий коэффициент использования фидера увеличен с 50% до 66,7%.

iv) Двойная Т радиальная конфигурация

В двойной Т радиальной конфигурации каждая линия подачи находится в радиальной конфигурации.

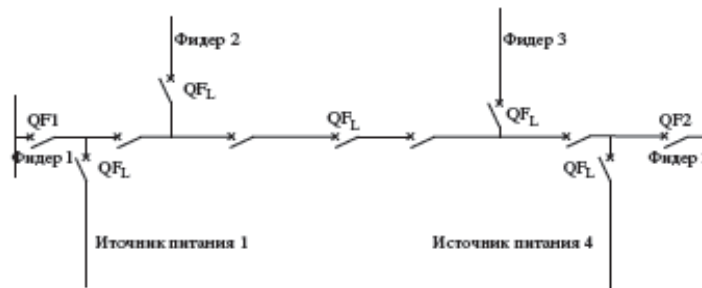


Рис. 2.4 Схема многосекционной и многосвязной конфигурации.

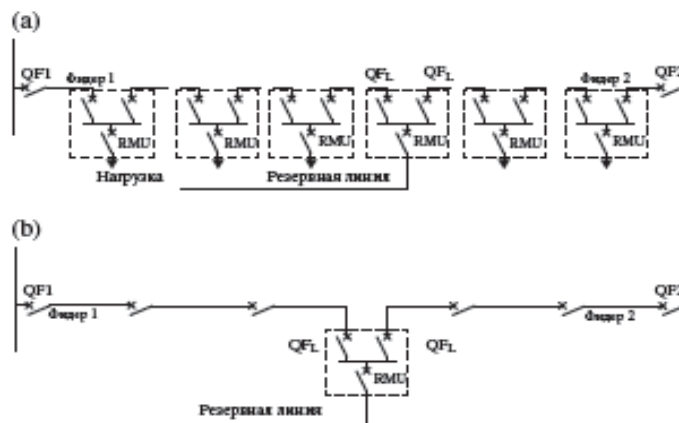


Рис. 2.5 Конфигурация многоцепной сети с двумя основными источниками питания и одним резервным источником питания. (а) кабельная кольцевая сеть с двумя основными источниками питания и одним резервным источником питания; (б) воздушная кольцевая сеть с двумя основными источниками питания и одним резервным источником питания.

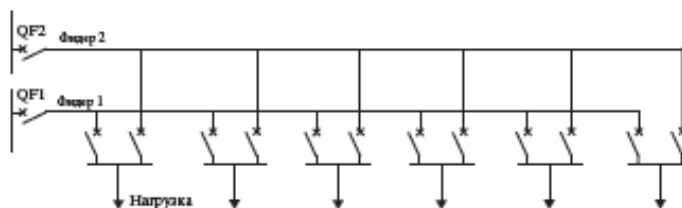


Рис. 2.6 Схема двойной Т радиальной конфигурации.

Т-подключен к основному и резервному источникам питания через два и более фидера (от разных подстанций или разных шин одной и той же подстанции). Как показано на рис. 2.6, он образует сеть электропитания П-образной формы, в которой у каждого потребителя есть как минимум два источника питания. Следовательно, обеспечивается высокая надежность электроснабжения.

2) Конфигурация распределительной сети низкого напряжения

Распределительные сети низкого напряжения обычно принимают радиальную конфигурацию. Линии низкого напряжения проходят со стороны низкого напряжения распределительных трансформаторов и простираются радиально в зависимости от распределения нагрузки.

Других источников энергии нет. Электричество подается по одному маршруту в одном направлении. Шинопроводы на распределительных станциях (площадках или офисах) часто имеют секционную конфигурацию с одной шиной. Эта конфигурация отличается простотой, низкими инвестициями и лёгкостью обслуживания. Для некоторых нагрузок низкого напряжения с более высокой надёжностью электропитания соединительные линии или шины низкого напряжения соединены между собой.

2.2.2 Компоненты воздушной распределительной сети

Основные компоненты воздушной распределительной линии включают в себя провода, изоляторы, опоры, фундаменты, опорные провода, траверсы, фитинги, устройства защиты от перенапряжений и заземляющие устройства. Вдобавок и сама линия, также включает в себя распределительное оборудование, установленное на линии, например, опорные трансформаторы, цепная схема выключатели, изолирующие выключатели и предохранители отключения. [4]. Компоненты и оборудование, относящиеся к работе без прерывания распределения, кратко представлены ниже.

1) Провода

Провода передают электрический ток и энергию. Они должны обладать достаточной проводимостью, иметь малый вес, небольшой коэффициент удлинения при температуре и достаточную механическую прочность, а также устойчивость к вибрации и коррозии. Провода в основном изготавливаются из алюминия, алюминиевого сплава, меди или стали. Среди этих материалов медь является лучшей по проводимости. Между тем, она обладает высокой механической прочностью и меньшей стойкостью, чем алюминий. Однако производство и запасы меди в Китае невелики. Несмотря на целый ряд промышленных целей, медь редко используется в воздушных линиях связи из-за ее высокой цены. Алюминий также обладает хорошей проводимостью и стойкостью к окислению. Несмотря на то, что алюминий имеет более высокое сопротивление, чем медь, он широко используется в воздушных линиях из-за его малой плотности, небольшого веса, обильных запасов и низкой цены в Китае. Он имеет такие недостатки, как низкая механическая прочность и плохая стойкость к кислотной, щелочной и солевой коррозии.

В многожильных алюминиевых проводах используются стальные проволоки в качестве жил, которые скручены несколькими жилами алюминиевых проволок. Такие провода совмещают в себе преимущества хорошей проводимости алюминиевых проволок и высокой механической прочности стальных жил.

i) Неизолированные провода

Номер модели неизолированного провода состоит из двух частей, а именно его материала и структуры, и номинального поперечного сечения, которые разделены «-» в середине в соответствии с китайским стандартом. Первая часть выражается сочетанием первых букв на пиньине: Т - медь, L - алюминий, J - многожильные провода; последняя часть относится к номинальному сечению провода, выраженному цифрами в мм². Например, TJ-50 относится к 50 мм² медным многожильным проводам; GJ-70 относится к 70 мм² стальным многожильным проводам; LJ-70 относится к многожильным алюминиевым проводам 70 мм²; LGJ - 70 относится к 70 мм² многожильных алюминиевых многожильных проводов.

ii) Резиновые изолированные провода

Резиновые изолированные провода имеют резину или ПВХ, впрыскиваемые во внешние слои медных многожильных проводов или алюминиевых многожильных проводов в качестве изоляции. Их степень изоляции и устойчивость к старению низкие. Изоляция подвержена старению и охрупчиванию.

Отожженные медные провода или отожженные алюминиевые провода выбираются в качестве сердечников. Такие провода с резиновой изоляцией не подходят для воздушного монтажа большого пролета, и, как правило, используется только в качестве служебных проводов низкого напряжения. Их модели включают BLX - резиновые провода с алюминиевой сердцевиной, BLV - ПВХ с изоляцией с алюминиевой сердцевиной, BX - резиновые провода с медной сердцевиной, BV - ПВХ с изолированной изоляцией.

iii) Воздушные изолированные провода

Воздушные изолированные провода, также называемые воздушными изолированными проводами, используются атмосферостойкие изоляционные материалы в качестве обмотки изоляции. Они состоят из проводов, полупроводящих экранирующих слоев и изолирующих слоев. Материалы провода включают многожильные алюминиевые многожильные провода, алюминиевые многожильные провода и медные многожильные провода. Атмосферостойкие материалы обычно используют атмосферостойкий ПВХ, полиэтилен или сшитый полиэтилен.

Номер модели изолированного сверху провода состоит из трех частей: материала и структуры провода, класса напряжения и номинального поперечного сечения, которые разделены знаком «-».

a) Первая часть относится к материалу и структуре провода, что выражается сочетанием первых букв в пиньине: J - изолированные, K - накладные, L - алюминиевые, Y - сшитые, J - многожильные провода.

b) Вторая часть относится к напряжению в киловольтах (кВ).

c) Третья часть относится к номинальному сечению, выраженному цифрами в мм².

Обычно используемые проводные материалы включают в себя: JKLYJ - накладные кабели со сшитой полиэтиленовой изоляцией с медной сердцевиной, JKLYJ - накладные кабели со сшитой полиэтиленовой изоляцией с алюминиевой сердцевиной. Например, JKLYJ – 10-50 относится к 50 мм² 10 кВ с алюминиевой сердцевиной из сшитого полиэтилена в изолированных воздушных проводах; JKLYJ – 1-50 относится к воздушным проводам с изоляцией из сшитого полиэтилена с полимерным сердечником 1 кВ 50 мм².

iv) Параллельно соединённые провода

Полное название параллельных жгутов проводов - это параллельные жгуты проводов с изоляцией. Он состоит из нескольких изолированных проводов, соединенных изолирующими соединительными стержнями. Есть два типа проводов, а именно медные сердечники и алюминиевые сердечники. Изоляционные материалы включают атмосферостойкий ПВХ, атмосферостойкий полиэтилен и сшитый полиэтилен. Структурные шаблоны включают квадратный (BS1), звездный (BS2) и плоский (BS3). BS-JKLY-0.6/1 относится к модели обычно используемых четырехжильных параллельных жгутов с алюминиевым сердечником. Структурная схема его структуры показана на рис. 2.7.

v) Сечение провода

При любых погодных условиях для обеспечения безопасной работы линий провода должны соответствовать требованиям к электрическим характеристикам, механической прочности и коррозионной стойкости. Они также должны поддерживать определенный воздушный зазор и уровень изоляции. В последние годы широкое применение изолированных проводов улучшило безопасность и надежность распределительных линий, а также расширило возможности распределительных линий, чтобы противостоять коротким замыканиям посторонних объектов и суровым природным условиям. В дополнение к нагрузкам от собственного веса и давления ветра, воздушные провода несут изменения температуры и внешние давление льда, снега и ветра во время работы.

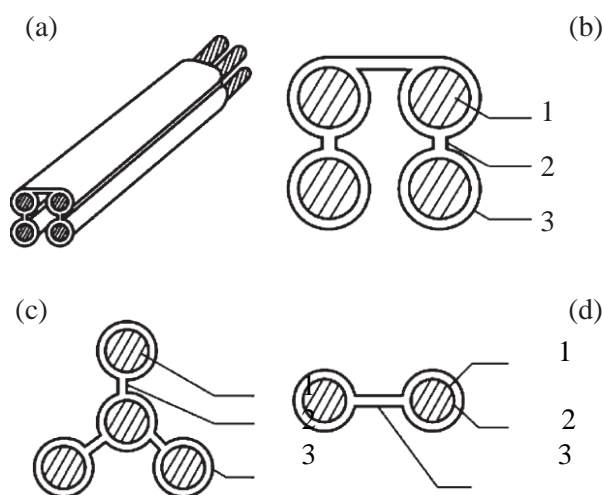


Рис. 2.7 Структурная схема параллельных жгутов. (а) структурная схема; (b) квадратный узор (BS1); (c) звездный Рис. (BS2); (d) плоский Рис. (BS3) 1 - медный или алюминиевый провод; 2 - ПВХ, полиэтилен или сшитая соединительная шина; 3 - ПВХ, полиэтилен или сшитая изоляция.

Эти нагрузки значительно увеличивают силу натяжения, создаваемую проводами. Провода с меньшим поперечным сечением менее способны выдерживать внешние нагрузки. Для обеспечения безопасности провода должны иметь определенную механическую прочность на растяжение, чтобы они не ломались в случае неблагоприятных погодных условий, таких как сильный ветер, лед и снег или низкая температура. В проектных правилах указано, что поперечное сечение проводов, как правило, не должно быть меньше значений, указанных в таблице 2.1

vi) Напряжение и провисание проводов

Напряжение и провисание проводов взаимосвязаны. Большой прогиб указывает на меньшее напряжение и наоборот. Это показывает, что при установке проводов натяжение проводов напрямую влияет на провисание, силу, которую несут провода и опоры, и расстояние между проводами и натянутыми объектами/землей. Это также повлияет на безопасность и экономическую эффективность линий. В целях обеспечения безопасности провода необходимо уменьшить провисание, чтобы уменьшить напряжение и повысить коэффициент безопасности. Однако, если провисание увеличивается, то для обеспечения безопасного расстояния между проводами под напряжением и землей, высота опор должна быть увеличена при условии, что расстояние пролета одинаково. В противном случае расстояние пролета должно быть уменьшено.

Таблица 2.1 Справочная таблица минимальных сечений проводов/мм².

Тип	Линия распрд. ср. напряжения			Линия распрд низкого напряжения		
	Гл. линия	Доп. линия	Ответ-вление	Гл. линия	Доп. линия	Ответ-вление
Витой алюминиевый провод	120	70	35	70	50	35
Провод из алюминиевого сплава						
Витой стальной провод	95	50	16	70	35	16
Витой алюминиевый провод со стальным сердечником	120	70	35	70	50	35

В результате увеличатся расходы на строительство линий. Учитывая, что расстояние между проводами одинаково, большее провисание может увеличить вероятность запутывания в линиях во время работы. Поэтому провисание провода является важным техническим параметром для проектирования, строительства и эксплуатации линий.

2) Опоры

Используемые материалы могут быть разделены на деревянные опоры, железобетонные опоры, стальные опоры и опоры из стальных труб. Железобетонные опоры изготавливаются путем заливки железобетонного бетона, обычно известного как бетонные опоры. По механической прочности они классифицируются на обычные и предварительно натянутые. По форме бетонных опор их можно разделить на конические опоры и опоры равного диаметра. В основном используются конические опоры со степенью конусности 1:75. Номер модели бетонной опоры включает показатели: длины, диаметра наконечника и уровня нагрузки. Длина типовых бетонных опор составляет 6, 8, 9, 10, 12 и 15 м. Существуют сплошные и сборные опоры. Диаметр наконечника обычно составляет 150, 190 мм или 230 мм. Диаметр наконечника опор равного диаметра обычно составляет 300 мм. Кроме того, предварительно напряженные бетонные опоры обозначаются буквой «Y», а некоторые предварительно напряженные бетонные опоры обозначаются буквой «BY». Нагрузки, испытываемые по различным стандартам, обозначаются как: Q1, Q3, A, B, C, D.

В зависимости от применения мачты подразделяются на опорные, подвесные, натяжные опоры, угловые опоры, оконечные опоры электропередачи, звеньевые опоры в сборе.

i) Подвесные опоры. Используемые в прямолинейном сечении для поддержки проводов, изоляторов и фитингов, они могут выдерживать вес проводов и горизонтальные ветровые нагрузки, но не могут выдерживать натяжение проводов в направлении линии.

ii) Натяжные опоры. Также известные как опорные стойки, они несут горизонтальное натяжение проводов и делят линии на несколько секций деформации, чтобы усилить механическую прочность и ограничить область падения опор и разрыв линий.

iii) Угловые опоры. Они используются в углах линий. При нормальных обстоятельствах, в дополнение к вертикальным нагрузкам проводов и горизонтальным ветровым нагрузкам в направлении биссектрисы внутреннего угла, они несут результирующую силу всех напряжений опорных проводов в направлении биссектрисы внешнего угла.

iv) Оконечные опоры электропередачи. Они используются в терминалах линий. В дополнение к весу проводов и горизонтальным ветровым нагрузкам они несут результирующую силу всех проводов вдоль направления линии.

v) Звеньевые опоры в сборе. Они используются в ответвлениях линий. В дополнение к нагрузкам, которые несут опоры подвески, они также несут вертикальные нагрузки на ответвительные провода, горизонтальные ветровые нагрузки и все натяжения проводов и опорных проводов в направлении ответвлений.

3) Изоляторы

Изоляторы, также называемые фарфоровыми изоляторами, используются для изоляции проводов от опор и несут механические нагрузки на провода и все виды аксессуаров. В общем, поверхность изоляторов отливается в серию гофр. Изоляторы делятся на керамические изоляторы и композитные изоляторы по используемым материалам. В воздушных распределительных линиях среднего напряжения обычно используются штыревые изоляторы, натяжные изоляторы, подвесные изоляторы, траверсы из фарфора, опорные изоляторы и изоляторы с вытягивающими стержнями из фарфора. В линиях низкого напряжения используются штыревые изоляторы и изолирующие элементы, как показано на рис. 2.8.

4) Траверсы

Траверсы используются для крепления изоляторов, проводов и распределительного оборудования, смонтированного на опорах, и для обеспечения достаточного расстояния между проводами. В результате скрещенные руки должны иметь определенную интенсивность и длину. Угловые железные поперечины применяются достаточно широко и должны подвергаться оцинковке горячим способом для антисептической обработки.

Первая цифра в спецификации поперечины означает длину двух равносторонних квадратных ребер уголка железа; вторая цифра - толщину; третья означает по длине, например $\angle 63 \times 5 \times 1300$ Угловые характеристики стали обычно используемые поперечины включают $\angle 80 \times 8$, $\angle 75 \times 5$, $\angle 63 \times 5$ и $\angle 50 \times 5$

5) Фитинги

Металлические фитинги, используемые для соединения и крепления проводов, и металлические компоненты, используемые для электропроводности, подшипников и крепления, вместе называются фитингами. По своим свойствам и назначению они грубо разделены на шесть групп: подвесные и тензодатчики, соединительные фитинги и изолированные.



Рис. 2.8 Внешний вид изоляторов. (а) штыревой изолятор; (б) изолятор для такелажной скобы; (с) подвесной изолятор; (д) фарфоровый изолятор; (е) опорный изолятор; (ф) стержневой изолятор; (г) композитный изолятор.

фитинги для проводов, фитинги для сращивания, защитные фитинги и фитинги с проволоочной арматурой. Подвесные и натяжные зажимы, фитинги с изолированным проводом, С-образные зажимы и предварительно отформованные броневые стержни часто используются при работе под напряжением, как показано на рис. 2.9 - 2.11.

Обладая уникальной структурой С-образной формы и клина, С-образные зажимы и соединенные провода образуют систему накопления энергии с «общим дыханием». Клин применяется с внешней силой для плотного прижатия проводов.

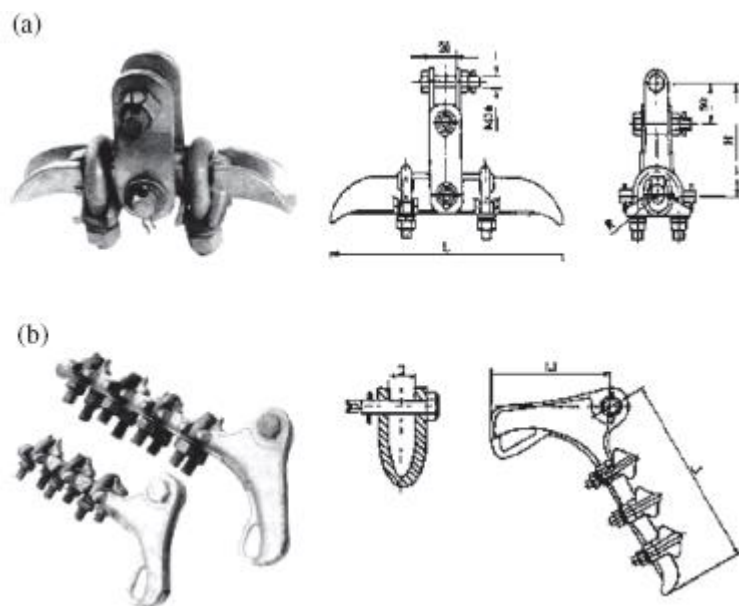


Рис. 2.9 Подвесные и натяжные зажимы. а) подвесные зажимы XGU; (б) винтовые натяжные зажимы.

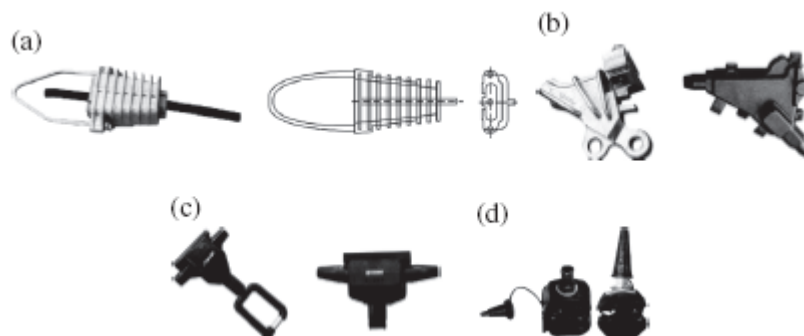


Рис. 2.10 Фитинги с изолированным проводом. (а) обычные клиновые тензометрические зажимы; (б) деформационные зажимы клинового типа с изолирующими крышками; (с) электрически проверить заземляющее кольцо и изолирующую крышку; (д) покатывающие зажимы.

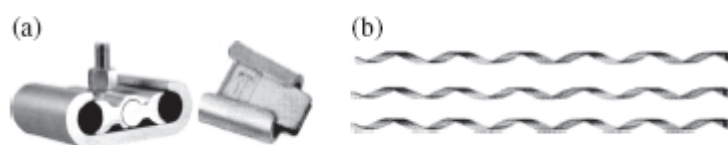


Рис. 2.11 Соединительные фитинги. (а) С-образные зажимы; (б) предварительно армированные прутки.

между корпусом зажима и клином. Когда провода расширяются при нагревании и сжимаются при охлаждении, С-образная оболочка достаточно эластична, чтобы поддерживать постоянное и постоянное контактное давление между зажимом и проводами. Его эластичность изменяется в зависимости от внешней среды и условий нагрузки, в то время как контактное давление остается неизменным, что обеспечивает наилучшие электрические характеристики соединения для сращивания. Таким образом, С-образные зажимы широко используются в различных комбинированных соединениях алюминиевых проводов, медных проводов, стальных проводов и проводов из их сплавов.

Предварительно сформованные броне стержни представляют собой эластичные провода из алюминиевого сплава, которые предварительно сформованы по спирали для плотного обматывания проводов. Они производят удерживающую силу, чтобы улучшить виброустойчивость проводов. Предварительно отформованные броне стержни используются для защиты проводов от вибрации, напряжения прижима, трения, дуги и других травм. Их можно использовать в качестве ремонтных стержней, используемых для ремонта поврежденных проводов и оказания им помощи в восстановлении их первоначальной механической прочности и электрической проводимости.

6) Молниеотводы являются защитным оборудованием, используемым для выделения энергии перенапряжения и ограничения амплитуды перенапряжения. Они должны быть установлены рядом с оборудованием, которое должно быть защищено и соединено между их терминалами. Молниеотводы подразделяются на разрядники из карбида кремния и разрядники из оксида металла по используемому материалу. Молниезащитные разрядники из оксида цинка, обычно используемые в наружных распределительных линиях, показаны на рис. 2.12.

7) Распределительные трансформаторы и их платформы

Трансформатор – статическое электрическое устройство, которое преобразует переменное напряжение в другое переменное напряжение посредством электромагнитной индукции. Распределительные трансформаторы можно классифицировать по таким функциям, как номер фазы, номер обмотки и режим охлаждения.



Рис. 2.12 Молниеотводы из оксида цинка. (а) грозозащитный молниеотвод среднего напряжения; (b) молниеотвод низкого напряжения.

По количеству фаз они классифицируются на однофазные и трехфазные; по количеству обмоток они делятся на двухобмоточные и автотрансформаторы; по режиму охлаждения они классифицируются на сухие трансформаторы и масляные трансформаторы; с точки зрения режима регулирования напряжения они подразделяются на регулирующие трансформаторы напряжения и автономные трансформаторы напряжения. Общие соединения обмоток распределительного трансформатора включают соединение $Y_{un}0$ и соединение $Dyn11$. Нейтральная точка на вторичной стороне заземлена напрямую. Несколько типовых распределительных трансформаторов показаны на рис. 2.13.

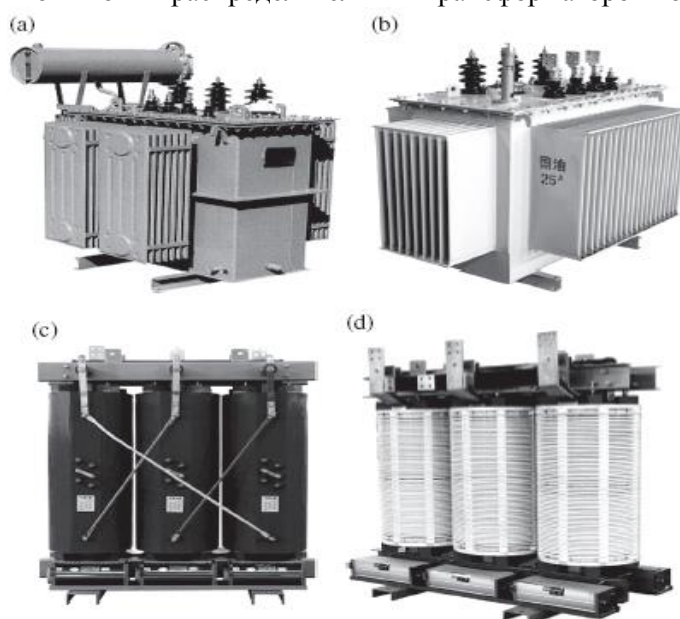


Рис. 2.13 Внешний вид типовых распределительных трансформаторов: (а) стандартный масляный трансформатор; (b) герметизированный масляный трансформатор; (с) трансформатор сухого типа с изоляцией из эпоксидной смолы; (d) не герметизированный трансформатор сухого типа с воздушно-барьерной изоляцией.

Трансформаторы могут устанавливаться на опоре, на пол, в помещениях или в ящиках. Установленные на опорах трансформаторы являются наиболее распространенными в распределительных сетях. В таком случае масляный распределительный трансформатор устанавливается на платформе трансформатора, состоящей из линейных опор, которые могут быть как одинарными, так и двойными. Установленные на опорах трансформаторы легко конструируются и устанавливаются с удобной эксплуатацией и обслуживанием. Таким образом, трансформаторы мощностью 400 кВА (500 кВА для линий 20 кВ) и ниже, как правило, устанавливаются на опорах.

Платформы трансформаторов следует устанавливать в местах, где мало транспорта и пешеходов. Платформы трансформатора не должны устанавливаться на углах опор, разветвленных опорах, опорах, оборудованных линейными выключателями, опорах, оборудованных служебными проводами высокого напряжения или кабельными головками высокого напряжения, опорах на перекрестках и опорах со многими служебными проводами низкого напряжения.

и) Двухстолбовая трансформаторная платформа. Она состоит из двух опор, на которых установлен трансформатор, как показано на рис. 2.14 (а). Н-образную платформу формируют, устанавливая опору на расстоянии 2-3 м от опоры высокого напряжения. Затем горизонтальная рама, состоящая из двух

частей из U-стали, устанавливается на 2,5–3 метра от земли для поддержки трансформатора. На траверсах опоры установлены поперечные рычаги для установки наружных предохранителей высокого напряжения, и проводов высокого и низкого напряжения, и разъединителей низкого напряжения (разъединительных звеньев).

ii) Одностолбовая трансформаторная платформа. Он состоит из одной опоры, на которой установлен трансформатор, как показано на рис. 2.14 (b). Подходит для трансформаторов с небольшой мощностью. Два угловых железных поперечных рычага устанавливаются на расстоянии 2,5-3 метра от земли в виде рамы, поддерживающей трансформатор. Поперечные рычаги устанавливаются на расстоянии от 1,7 до 1,8 метра от рамы для установки изоляторов высокого напряжения, предохранителей и молниеотводов.

8) Установленные на опорах выключатели и устройства

i) Опорные выключатели

Электрическое оборудование, которое может размыкать или замыкать цепи для прерывания или отвода тока, все вместе известно, как выключатели, которые по своим функциям классифицируются на выключатели, выключатели нагрузки, реклоузеры и секционеры.

(a)



(b)



Рис. 2.14 Схема распределительных трансформаторных платформ. (a) трансформаторная платформа из одной опоры; (b) трансформаторная платформа из двух опор.

Выключатель - это переключатель, предназначенный для отключения в зависимости от тока уставки и времени после обнаружения тока повреждения. Он может прерывать или отключать ток короткого замыкания. Переключатель нагрузки предназначен для отключения номинального тока нагрузки. Он не может прерывать ток короткого замыкания, но может отключать его. Реклоузер - это переключатель с функциями автоматического управления и защиты. Он может выполнять операции автоматического прерывания и повторного включения в соответствии с заранее определенной последовательностью прерывания и повторного включения. Секционализатор - это своего рода выключатель нагрузки, предназначенный для подсчета прерываний тока повреждения. После заранее определенного числа сигнатур сверхтока, секционализатор автоматически включается (в случае отсутствия напряжения и тока) и самостоятельно блокируется. Обычно используется в сочетании с работающим реклоузером.

Выключатели изготавливаются в различных видах конструкций и типов. Типовые переключатели опор показаны на рис. 2.15. Установка переключателя опор показана на рис. 2.16. Как правило, расстояние между опорными выключателями и заземлением должно быть не менее 4,5 м, а расстояние между выводами должно быть не менее 300 мм (500 мм для линий 20 кВ).

ii) Отключающие предохранители

Выдвижной предохранитель состоит из трех компонентов, а именно: изолирующей втулки, трубки предохранителя и элемента предохранителя, как показано на рис. 2.17. Внутри предохранительной трубки установлена дугогасительная трубка, изготовленная из бумаги шелковицы или бумаги из вулканизированного волокна. При возникновении короткого замыкания или перегрузки оборудования

в нисходящем потоке предохранитель плавится и автоматически выпадает, отключая цепь, чтобы обеспечить электропитание участков линии выше по потоку. После того, как плавкий элемент расплавится и предохранитель выпадет автоматически, появляется видимая точка разрыва, облегчающая обнаружение неисправностей и обслуживание оборудования. Предохранители с защитой от падения напряжения предназначены для защиты распределительных линий высокого напряжения, силовых трансформаторов, трансформаторов напряжения, силовых конденсаторов и другого электрического оборудования от перегрузки и короткого замыкания.

Отключающие предохранители должны быть установлены на поперечных рычагах, как показано на рис. 2.18. Поперечные рычаги должны иметь достаточную прочность и располагаться так, чтобы они соответствовали требованиям для разности фаз между тремя пространствами и расстояния до земли. Входящие и исходящие линии

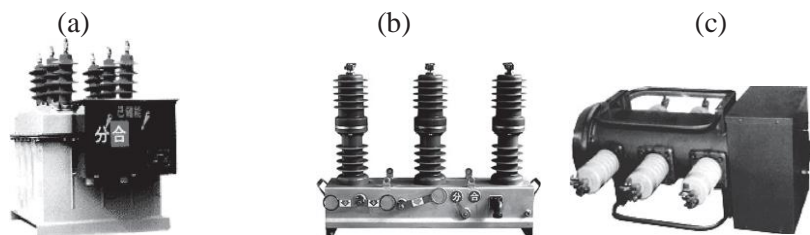


Рис. 2.15. Переключатели опор. а) вакуумный ZW8; (b) вакуумный ZW32; (c) Из гексафторида серы LW3.

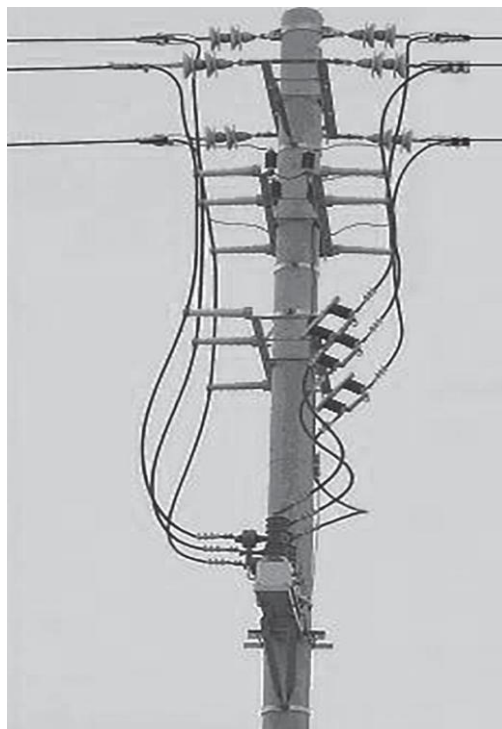


Рис. 2.16. Схема установки расположенных на мачте переключателей

Отключающие предохранители должны быть закреплены с помощью изоляторов и поддерживать фазовый интервал и зазор на землю. Отключающие предохранители должны быть плотно соединены с зажимами соответствующего устройства.

iii) Разъединитель опоры (Разъединительный выключатель состоит из проводящей части, изолирующей части и основания, как показано на рис. 2.19. Разъединительный выключатель не может иметь соединительную часть) гасит дугу и не позволяет выполнять включение или выключение под нагрузкой.

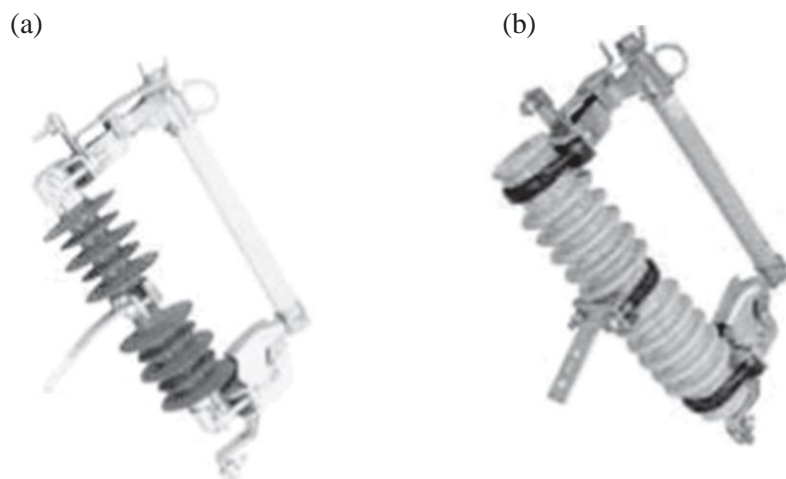


Рис. 2.17 Предохранители с отключением. а) HRW11-10 (композитный изолирующий держатель);
(с) RW11-10 (фарфоровый изолирующий держатель).



Рис. 2.18 Схема установки предохранителей.

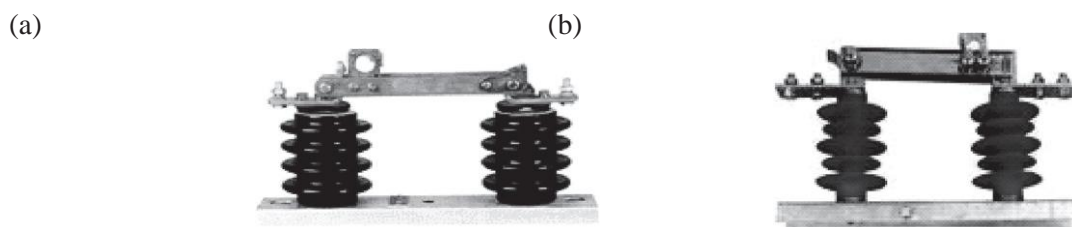


Рис. 2.19 Установленные на опоре разъединители (разъединительные звенья). (а) выключатель разъединения фарфоровой изоляционной колонны; (б) силиконовый выключатель изолирующей колонны.

Когда разъединяющий выключатель отсоединен, образуется видимая точка разрыва и безопасное расстояние, что обеспечивает личную безопасность при капитальном ремонте. Разъединительные выключатели в основном устанавливаются на выходах опор, точках соединения и точках сечения распределительных линий высокого напряжения, а также в точках разделения границы технического обслуживания.

2.2.3 Компоненты кабельной распределительной сети

Кабельная распределительная линия передает электроэнергию через кабели. Он состоит в основном из кабелей, кабельных промежуточных соединений и кабельных наконечников, а также связанных с ними строительных конструкций, таких как кабельный желоб, кабелепровод, кабельный вал и кабельный туннель. Электрические кабели и клеммы часто используются при работе в режиме байпаса при работе с прерываниями, не связанными с обслуживанием. [5]

Силовой кабель в основном состоит из трех частей, а именно: проводов, изоляционного слоя и оболочки (включая оболочку и внешнюю оболочку), как показано на рис. 2.20. Основная изоляция кабеля среднего напряжения включает в себя три экструдированных слоя внутреннего полупроводящего экранирующего слоя, изолирующего слоя и внешнего полупроводящего экранирующего слоя. Для изготовления кабеля используется медь или алюминий в качестве проводов, которые покрыты изоляцией. Существует три вида изоляции: бумажная изоляция, резиновая изоляция и пластиковая изоляция. Оболочка защищает изолирующий слой, в том числе покрытый свинцом, покрытый алюминием, покрытые медью, покрытые нержавеющей сталью и встроенным кожухом. Внешняя оболочка, как правило, несет внешнюю механическую нагрузку или натяжение и предотвращает повреждение кабеля. Внешняя оболочка в основном состоит из стальной ленты и стальной проволоки. Кабельный наконечник предназначен для подключения обоих концов распределительной линии силового кабеля к другому электрическому оборудованию, как показано на рис. 2.21.

Общие силовые кабели классифицируются следующим образом:

1) По классу напряжения. Класс напряжения имеет две цифры, разделенные косой чертой. Цифра перед косой чертой относится к значению фазного напряжения, а цифра после косой черты относится к значению линейного напряжения. Кабели, обычно используемые в средних и

(a)



(b)

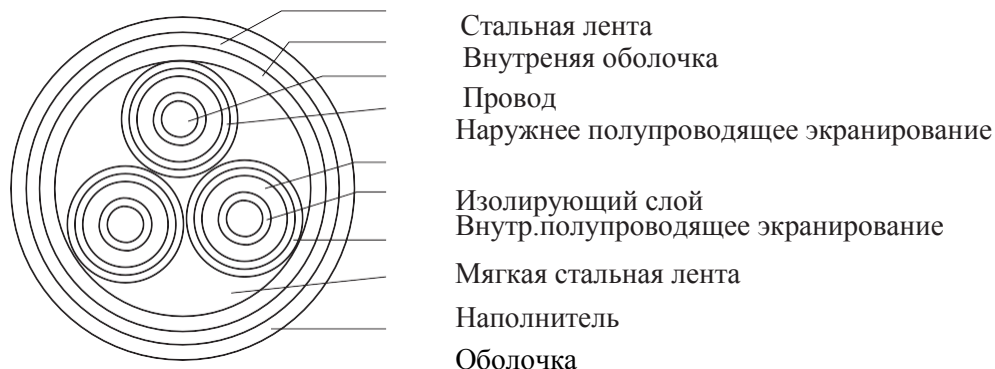


Рис. 2.20 Структурная схема электрического кабеля. (a) четырехжильный кабель низкого напряжения; (b) трехжильный кабель среднего напряжения.

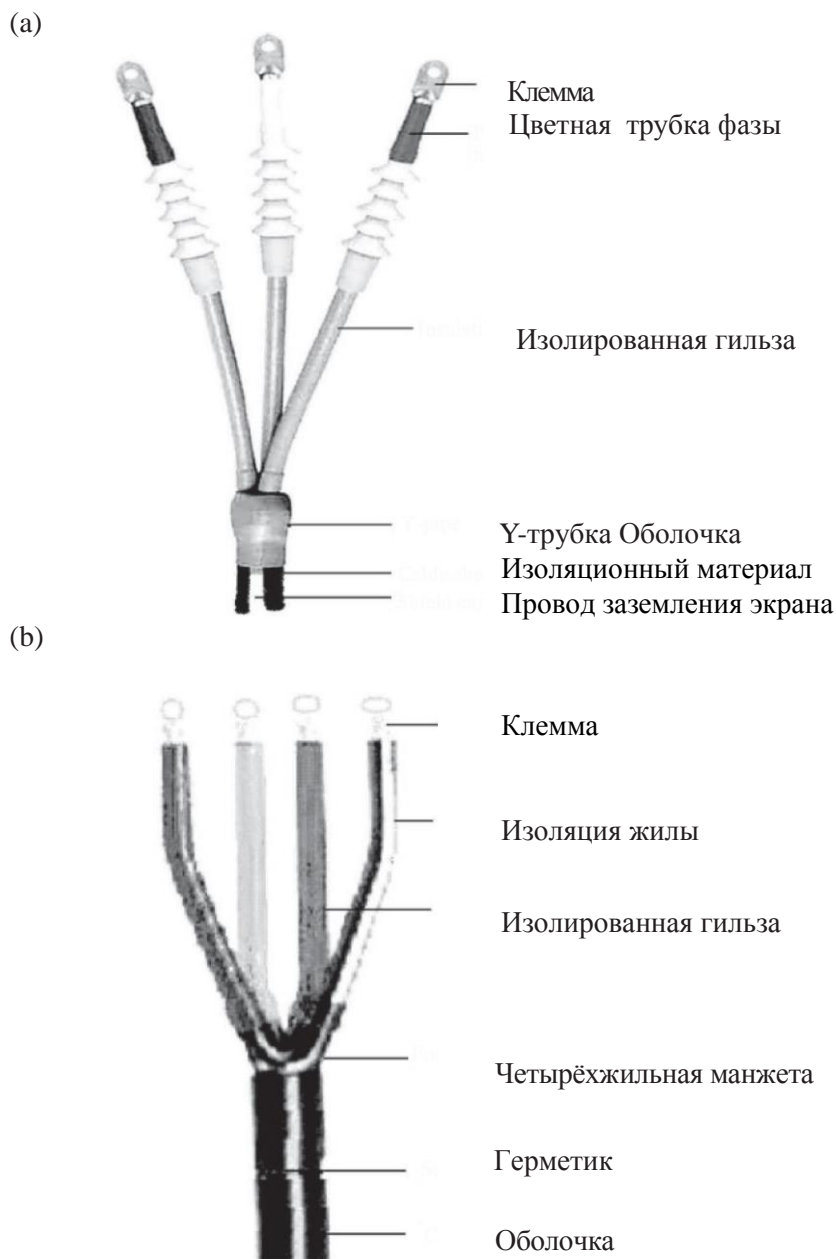


Рис. 2.21 Кабельные клеммы. (а) клемма для кабеля среднего напряжения; (б) клемма для четырехжильного кабеля низкого напряжения.

распределительные сети низкого напряжения имеют уровни напряжения 0,6/1; 3,6/6; 6/10; 8,7/10; 8,7/15, 12/20, 18/20, 18/30 и т.д.

- 2) По материалу провода. Силовые кабели можно разделить на медные и алюминиевые кабели.
- 3) По номинальной площади сечения провода. Номинальная площадь сечения силовых кабелей в Китае включает 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240; 300; 400 мм² и т. д.
- 4) По количеству жил проводов. Силовые кабели имеют одножильные, двухжильные, трехжильные, четырехжильные или пятижильные жилы. Нулевые линии с четырьмя или пятью жилами и защитные линии могут иметь одинаковые или отличные сечения от фазовых линий. Большинство кабелей среднего напряжения имеют одножильные или трехжильные жилы.
- 5) Изоляционный материал. Силовые кабели могут быть классифицированы на пропитанные маслом кабели с бумажной изоляцией и пластиковые кабели с экструдированной изоляцией.

Модели силовых кабелей выражаются следующим образом:

- 1) Первые заглавные буквы на пиньине, соответственно, относятся к типу изоляции, материалу провода, материалу внутренней оболочки и конструктивным особенностям.
- 2) Две цифры используются, чтобы выразить состав внешней оболочки. Первая цифра обозначает бронированный слой, отсутствие цифр означает отсутствие бронированного слоя. Вторая цифра обозначает слой оболочки, отсутствие цифр означает отсутствие слоя оболочки.
- 3) Буквы в модели кабеля обычно располагаются в следующем порядке по структуре кабеля: изоляционный материал, материал провода, внутренняя оболочка и внешняя оболочка.
- 4) Кабельная продукция представлена моделью, номинальным напряжением и спецификацией путем добавления арабских цифр номинального напряжения, количества жил и номинальной площади сечения после номера модели.

Например, VV₄₂–10–3 х 50 относится к медному сердечнику, ПВХ изоляция, бронированный твёрдой стальной проволокой и ПВХ оболочкой кабель с номинальным напряжением 10 кВ тремя жилами и номинальным сечением 50 мм².

YJV₃₂–1–4 х 150 относится к медному сердечнику с изоляцией из сшитого полиэтилена. Стальная проволока малого калибра, бронированная и с оболочкой из ПВХ, электрическая кабель с номинальным напряжением 1 кВ, четырьмя жилами и номинальным сечением площадь сечения 150 мм².

Прокладка кабелей должна определяться в соответствии с такими факторами, как класс напряжения, конечное количество, условия строительства и первоначальные инвестиции. Основные способы прокладки включают прокладку непосредственно под землей, прокладку берегов воздуховодов, прокладку траншей, прокладку туннелей, прокладку мостов, прокладку шахт, прокладку подвесных кабелей, прокладку подводных кабелей и т.д.

2.2.4 Другое типовое оборудование для работы на распределительных сетях

В дополнение к распределительным трансформаторам, установочным выключателям, предохранительным выключателям, разъединяющим выключателям (разъединяющим звеньям) и прочему распределительному оборудованию, представленному ранее, обычное распределительное оборудование также включает распределительные шкафы, наружные блоки кольцевой сети и кабельные ответвительные коробки, которые используются для байпасного подключения источника питания при работе без прерывания.

1) Распределительные шкафы

Распределительный шкаф, также называемый распределительным шкафом, представляет собой электрическое устройство, состоящее в основном из переключателей. Он оснащен электрическими компонентами среднего и низкого напряжения (включая контрольное, защитное и измерительное оборудование), шинами, токонесущими проводами и изоляторами в закрытом или открытом металлическом шкафу, служащем в качестве распределительного оборудования для распределения и приема. Распределительный шкаф также известен как комплексное распределительное устройство.

i) Распределительные шкафы среднего напряжения

Они могут быть классифицированы по входящим шкафам, шкафам подачи, шкафам связи, телевизионным шкафам и измерительным шкафам по функциям. В соответствии с методом установки выключателя они подразделяются на съемные (ручные) шкафы и стационарные шкафы. Обычно используемые распределительные шкафы среднего напряжения включают в себя сборные стационарные распределительные устройства GGX2 в металлическом корпусе, съемные распределительные устройства типа JYN в металлическом корпусе (также известные как напольные шкафы напольного типа), бронированные съемные распределительные устройства KYN в металлическом корпусе (также называемые среднетоннажные тележки) шкаф), C-GIS распределительное устройство в металлическом корпусе с газовой изоляцией (всемирно известное как C-GIS и широко известное как дутый шкаф), как показано на рис. 2.22.

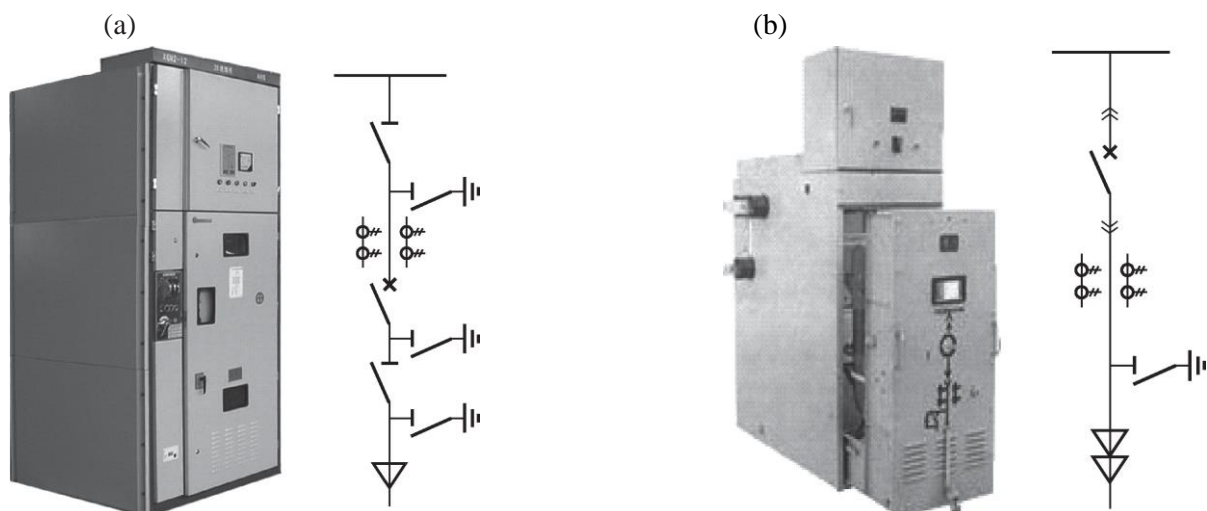


Рис. 2.22 Распределительные шкафы среднего напряжения (I). а) распределительный шкаф GGX2; (б) Шкаф распределительного устройства JYN2.

ii) Распределительные шкафы низкого напряжения

Шкаф распределительного устройства низкого напряжения - это распределительное устройство, состоящее из разъединяющего звена, автоматического выключателя низкого напряжения (также называемого автоматическим воздушным выключателем),

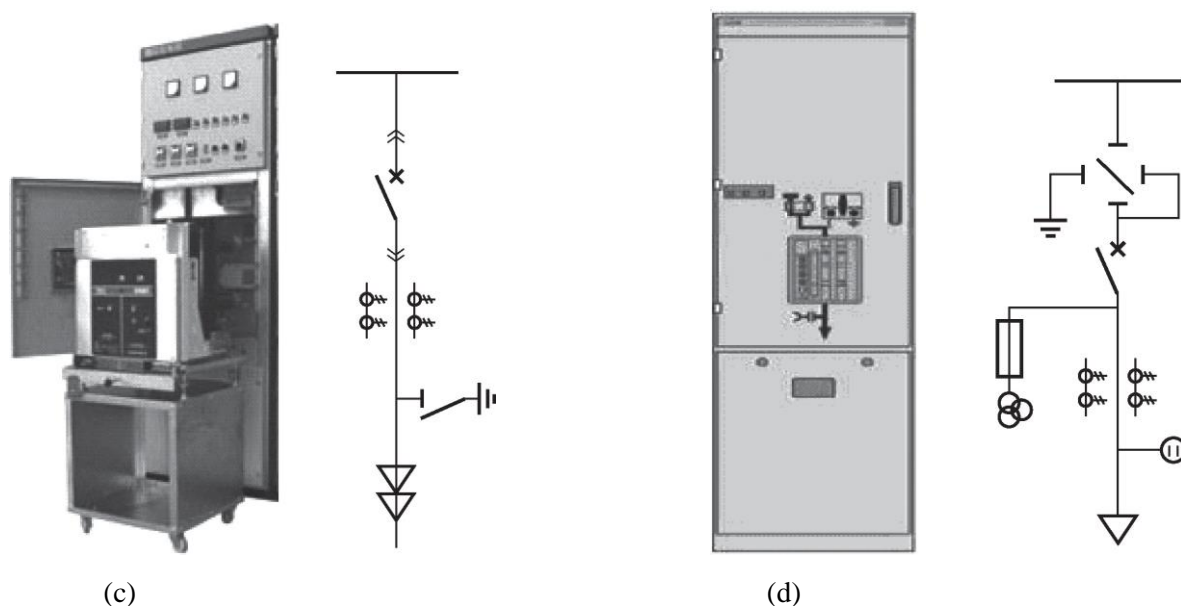


Рис. 2.22 (продолжение) Распределительные шкафы среднего напряжения (II). (с) Шкаф распределительного устройства KYN28; (d) Шкаф распределительного устройства C-GIS

Предохранитель, контактор, молниеотвод, счетчики переменного тока и цепи управления, используемые для контроля. Все эти устройства собраны в металлическом распределительном шкафу комбинированным способом.

Распределительные шкафы низкого напряжения по функциям подразделяются на входящие распределительные шкафы, распределительные шкафы-распределители, распределительные шкафы-распределители, шкафы-дозаторы и шкафы реактивной компенсации. В зависимости от типа конструкции они подразделяются на стационарные распределительные шкафы низкого напряжения и выдвижные распределительные шкафы низкого напряжения. Стационарные распределительные

шкафы низкого напряжения включают в себя типы PGL и GGD, а выдвижные распределительные шкафы низкого напряжения включают типы GCK (GCL) и GCS, как показано на рис. 2.23.

2) Наружные блоки кольцевой сети

Наружный блок RMU, также называемый кольцевым главным распределительным устройством, представляет собой блок предварительной комбинации, в котором более двух способов переключения (переключатель нагрузки, переключатель нагрузки и предохранитель, сочетание выключателя и переключателя нагрузки) и жесткие шины не сегментированы. заключен в газовую камеру из нержавеющей стали с металлическим покрытием, заполненную SF₆, как показано на рис. 2.24. SF₆ используется в качестве дугогасящей среды и изолирующей среды. Выводные втулки выключателей и клемм полностью изолированы и заключены в коленчатую конструкцию. Таким образом, открытый RMU подходит для наружной среды.

3) Кабельные ответвительные коробки

Кабельная ответвительная коробка - это закрытая коробка, используемая для подключения более двух кабельных клемм и распределения ответвлений кабельной линии. Клеммы имеют закрытую форму колена или Т-образную форму и подходят для наружных условий, как показано на рис. 2.25. Они состоят из 2-8 цепей входящих и исходящих линий, соединительных шин и кабельных клемм и может соответствовать различным требованиям к проводке. Это обычно используется в кабельных ответвлениях, но не подходит для магистральных линий.

4) Сборный трансформатор

Сборный трансформатор, также называемый сборным трансформатором, представляет собой сборное электрическое оборудование, которое объединяет силовые трансформаторы и распределительное оборудование высокого и низкого напряжения в одном или нескольких шкафах. Это удобно для подъема и транспортировки и подходит для наружного применения.

(a)



(b)

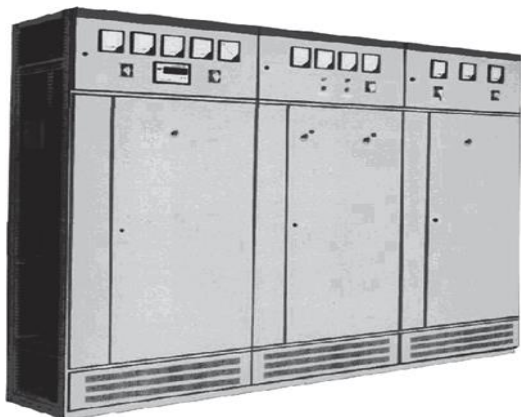
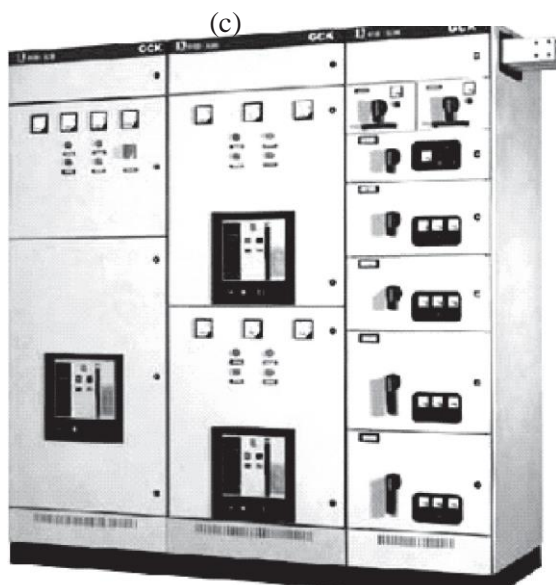


Рис. 2.23 Распределительные шкафы низкого напряжения (I). а) распределительный шкаф PGL; (b) распределительный шкаф GGD



(d)

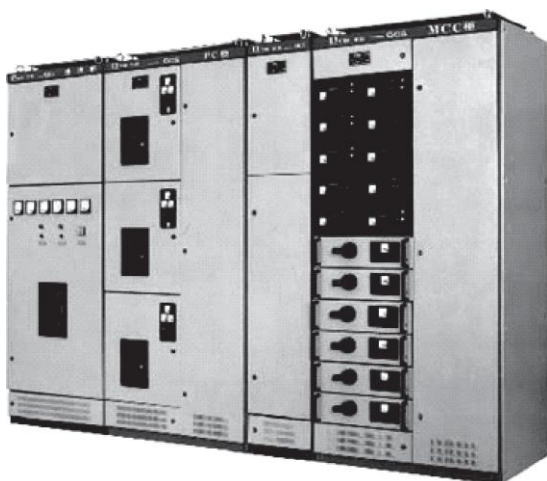


Рис. 2.23 (продолжение) Распределительные шкафы низкого напряжения (II). (с) распределительный шкаф GSK (GCL); (d) Шкаф распределительного устройства GCS.

(е)



(f)



Рис. 2.23 (продолжение) Распределительные шкафы низкого напряжения (II). (е) распределительный шкаф типа MNS; (f) распределительный шкаф типа MCS.

(a)



(b)

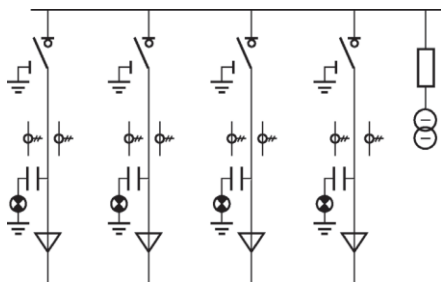
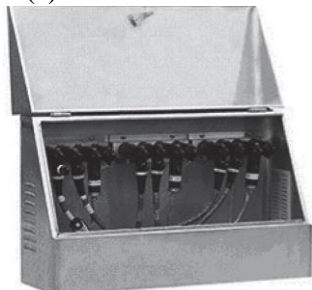


Рис. 2.24 RMU(блок кольцевой сети). (a) принципиальная схема; (b) электрическая схема.

(a)



(b)

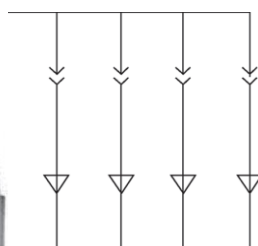


Рис. 2.25 Кабельная ответвительная коробка. (a) принципиальная схема; (b) электрическая схема.

Отсек, в котором установлено распределительное оборудование низкого напряжения, называется отсеком низкого напряжения. Три отсека могут быть проложены в прямоугольной или треугольной

форме на сборной подстанции. Сборные трансформаторы могут быть адаптированы к потребностям пользователей путем сочетания нескольких компонентов для достижения различных форм и функций. Их можно разделить на сборные трансформаторы американского стиля и европейского стиля по структуре, как показано на рис. 2.26 (a) и (b). Сборный трансформатор американского типа использует унифицированную конструкцию трансформатора, выключателя нагрузки и защитного предохранителя. Обмотки трансформатора, железный сердечник, выключатель нагрузки высокого напряжения и защитный предохранитель находятся в одном отсеке, полностью заполненном маслом. Не существует автономных распределительных шкафов высокого или низкого напряжения. Коробка герметично закрыта с помощью высокопрочных болтов скрытого типа и силикона на крышке. Отсек низкого напряжения расположен отдельно на корпусе масляного бака.

Коробочный трансформатор европейского типа (предварительно установленная подстанция) спроектирован так, чтобы его распределительное устройство высокого напряжения, трансформатор и распределительное оборудование низкого напряжения размещались в трех разных отсеках и вводили кабели или шины для осуществления электрического соединения. Шкаф высокого и низкого напряжения относительно автономен и компактен. Вместе с трансформатором он предварительно установлен в корпусе коробки, который может поднимать и транспортировать предметы. Отсек для трансформатора, отсек для высокого напряжения и отсек для низкого напряжения оснащены независимыми дверцами, поэтому сборный трансформатор европейского типа больше по размеру, чем трансформатор американского типа. Подземный трансформатор - это компактное и полностью герметичное распределительное оборудование комбинированного типа, в котором трансформатор, выключатель нагрузки высокого напряжения и защитный предохранитель установлены с масляным блоком, как показано на рис. 2.27, в котловане.

(a)



(b)



Рис. 2.26 Сборные трансформаторы. (a) сборный трансформатор в американском стиле; (b) сборный трансформатор в европейском стиле.

2.3 Технические принципы производства работ на распределительных сетях бесперебойной подачи электроэнергии

Работа с распределительными сетями подразделяется на работу с прерыванием обслуживания и работу без прерывания обслуживания (включая работу под напряжением) в зависимости от того, было ли отключено электропитание. Работа с прерыванием обслуживания - это традиционный метод распределения, когда линии распределения и оборудование в пределах зоны строительства и обслуживания либо обесточен или переведен в состояние обслуживания.

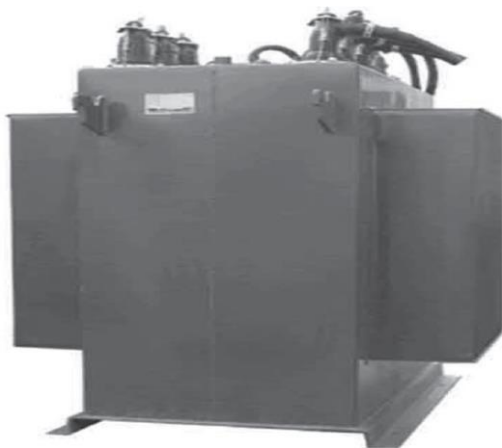


Рис. 2.27 Подземный трансформатор

Электромонтеры могут напрямую контактировать с этими распределительными линиями и оборудованием и работать над ними. Чтобы гарантировать безопасность электромонтеров, необходимо, чтобы выключатели (отключающие выключатели) были со всех сторон, которые могут приводить в действие рабочую секцию (включая параллельные или поперечные линии, где безопасное расстояние для работы недостаточно), должны быть открыты. А заземляющие провода должны быть проложены на всех концах рабочей секции (или заземляющие переключатели должны быть замкнуты) для реализации закрытых мер безопасности.

Работа по прерыванию, не связанная с обслуживанием, заключается в проведении испытаний, технического обслуживания и строительства на распределительных линиях или оборудовании без перерыва электроснабжения потребителю, в том числе:

- 1) Работа непосредственно на действующих линиях распределения или оборудовании, а именно на работающей линии распределения;
- 2) Работа на обесточенных распределительных линиях или оборудовании и использование обходного или мобильного питания для обеспечения бесперебойного электроснабжения потребителю.

Работы, такие как замена распределительного трансформатора и перемещение линии опоры, не могут быть непосредственно завершены при работающей линии. Обходной или мобильный источник питания может быть введен в распределительные линии и оборудование для обеспечения временного источника питания под нагрузкой. Таким образом, эти работы могут выполняться на обесточенных линиях или с оборудованием в соответствии с плановым отключением, при этом обеспечивается бесперебойное электроснабжение потребителю. Таким образом, метод работы с распределением трансформируется из традиционной плановых работ при отключении в плановые работы с отсечением и внедрением дополненной работающей линии под напряжением, и таким образом, работы без перерыва подачи при обслуживании.

Как упомянуто в Разделе 1.1, в соответствии с потенциалом тела электромонтеров, работающих под напряжением, линии могут быть классифицированы на работу с потенциалом земли, работу со средним потенциалом и уравновешенным потенциалом. В отличие от линий высокого напряжения и подстанций, которые имеют стандартные и нормативные конструкции, распределительные устройства среднего и низкого напряжения имеют свои особенности. Воздушные распределительные линии имеют различные типы опор, устройств, изоляторов и конфигурации проводов. Некоторые линейные

провода в несколько цепей проводов монтируются на одной опоре, укладываются в несколько рядов или пересекаются друг с другом. В воздушных распределительных линиях расстояние между трехфазными проводами обычно мало. Распределительные устройства среднего и низкого напряжения плотно смонтированы, что затруднит работу под напряжением. Однако из-за низкого уровня напряжения в распределительной системе среднего и низкого напряжения изолированные экранирующие инструменты могут использоваться для формирования комбинированной изоляции, чтобы увеличить безопасное расстояние и повысить безопасность труда. [6] Основные принципы работы под напряжением детально анализируются следующим образом.

2.3.1 Потенциал земли

Как показано на рис. 2.28 (а), электромонтеры находятся либо на земле, либо на вышке. Потенциал тела и потенциал земли (башни) одинаковы. Две цепи тока протекают через корпус: (1) токоведущая часть → изолирующий стержень (или другие инструменты) → корпус → земля, образуя резистивный контур; (2) часть под напряжением → воздушный зазор → корпус → земля, образуя емкостную токовую цепь. Ток в обеих цепях течет к земле через тело. Емкостный ток также существует между корпусом и другими двухфазными проводами.

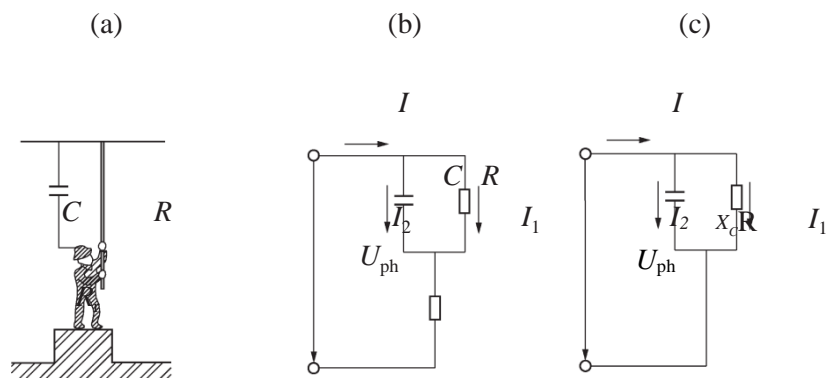


Рис. 2.28 Эквивалентная принципиальная схема работающего заземления. (а) принципиальная схема; (в) эквивалентная принципиальная схема; (с) упрощенная принципиальная схема.

Поскольку емкостный ток изменяется вместе с воздушным зазором, больший воздушный зазор указывает на меньший емкостный ток. Поэтому влияние емкостного тока между двумя другими двухфазными проводами можно игнорировать при анализе.

Потому что сопротивление тела намного меньше, чем изоляция R , сопротивление тела R_t также=сопротивление инструмента, то есть R_t намного меньше, чем емкостное сопротивление между телом и проводом, то есть $R_t \ll X_C$. Следовательно, сопротивление тела можно игнорировать при анализе тока, протекающего в тело. Схема на рис. 2.28(б) может быть упрощена до схемы на рис. 2.28(с). Если принять I_1 в качестве тока утечки, протекающего через изолирующий стержень, и I_2 в качестве емкостного тока, то суммарный ток, протекающий через корпус, должен быть векторной суммой двух составляющих тока, то есть

При котором

$$I = I_1 + I_2$$

$$I_1 = \frac{U_{ph}}{R}$$

$$I_2 = \frac{U_{ph}}{X_C}$$

$$(2.1)$$

Поскольку изоляционные материалы, такие как эпоксидная смола, используемая для работ под напряжением, имеют чрезвычайно высокое электрическое удельное сопротивление, сопротивление изоляции инструментов, изготовленных из этих материалов, обычно превышает 1010-1012 Ом. Для 10 кВ распределительных линий ток утечки составляет I_1

$$I_1 = U_{ph}/R = (10^4)/\sqrt{3}(1 \times 10^{10}) = 5.77 \times 10^{-7} \text{ (A)} = 0.577 \text{ (}\mu\text{A)}$$

Другими словами, ток утечки определяется только на уровне микроампер. Кроме того, когда во время работы сохраняется безопасное расстояние между корпусом и токоведущей частью, емкость между ними составляет примерно $2.2 \cdot 10^{12} \sim 4.4 \cdot 10^{12}$ F, а емкостное сопротивление

$$X_C = 1/(\omega C) = 1/(2\pi fC) \approx 0.72 \times 10^9 \sim 1.44 \times 10^9 \Omega$$

И тогда емкостный ток I_2 равен:

$$I_2 = U_{ph}/X_C = (1 \times 10^3)/\sqrt{3}(1.44 \times 10^9) \approx 4 \times 10^{-7} \text{ (A)} = 4 \text{ (}\mu\text{A)}$$

Во время работы емкостный ток тела также находится на уровне микроампер, поэтому векторная сумма тока тела $I_1 + I_2$ находится на уровне микроампер и намного меньше, чем ток восприятия тела, то есть 1 мА (см. Раздел 3.1 для деталей).

Приведенный выше анализ и расчет показывают, что при выполнении работы с потенциалом земли, при условии, что между корпусом и токоведущей частью сохраняется достаточное безопасное расстояние, а инструменты с хорошими изоляционными свойствами используются для работы, тока утечки и емкостного тока. Проходящие через инструменты токи очень малы (по уровню микроампер), что не оказывает вредного воздействия на организм, обеспечивая тем самым безопасность электромонтера.

Важно отметить, что если электротехнический инструмент загрязнен на своей поверхности или намокнет на внутренних и внешних поверхностях, ток утечки резко возрастет. Когда он становится выше уровня тока, воспринимаемого телом, электромонтер будет чувствовать покалывание или электрический шок. Поэтому при использовании электротехнического инструмента необходимо поддерживать его поверхность в сухости и чистоте, сохраняя ее надлежащим образом и не допуская воздействия влаги. Электромонтер должен носить изолирующие перчатки, обувь и другое вспомогательное защитное оборудование.

2.3.2 Средний потенциал

Принципиальная схема и эквивалентная схема работы среднего потенциала показаны на рис. 2.29. Работа под средним потенциалом относится к деятельности, при которой рабочий находится в изолирующей корзине надземного устройства с изолирующим звеном или на изолирующей платформе и выполняет работу, контактируя с деталями под напряжением при помощи изолирующего стержня. В этом случае потенциал тела представляет собой плавающий средний потенциал, который ниже, чем потенциал электрического провода, но выше, чем потенциал земли.

Электромонтер изолирован от заземленной части и токоведущей части соответственно двумя изоляторами, которые ограничивают ток, протекающий через тело. Комбинированные воздушные зазоры предотвращают разрядку токоведущей части в заземленную часть через корпус. В это время тело и провода образуют емкость C_1 , а тело и земля (опора) образуют другую емкость C_2 . Изолирующий стержень имеет сопротивление R_1 , а изолирующая платформа имеет сопротивление R_2 ,

как показано на рис. 2.29 (а). Поскольку сопротивление тела R_r намного меньше, чем сопротивление электротехнического инструмента, то есть $R_r \ll R_1$, сопротивление тела R_r также значительно меньше, чем емкостное сопротивление между телом и проводами, $R_r \ll X_{C1}$. Схема может быть упрощена до рисунка 2.29 (с).

Говоря в целом, пока изоляция рабочих инструментов и изоляция платформы отвечают соответствующим требованиям, изолятор, состоящий из C_1 и C_2 , может ограничивать ток утечки до уровня микроампер. Поскольку два воздушных зазора соответствуют указанным требованиям, емкостный контур, состоящий из C_1 и C_2 , также может ограничивать емкостный ток, протекающий через корпус, до уровня микроампер.

Важно отметить, что при выполнении работы со средним потенциалом напряжение заземления токоведущей части ложится на объединенные зазоры. Как плавающий потенциал, потенциал тела имеет разность потенциалов с токоведущей частью и заземленной частью. Поэтому во время работы:

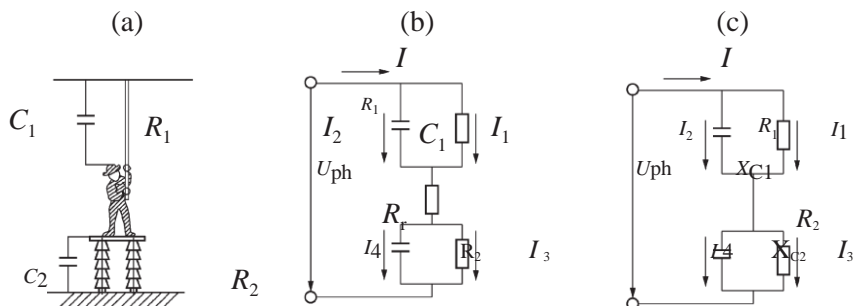


Рис. 2.29 Принципиальная схема и эквивалентная принципиальная схема работы при среднем потенциале. (а) принципиальная схема; (б) эквивалентная принципиальная схема; (с) упрощенная принципиальная схема

1) Электромонтеру, находящемуся на земле запрещается передавать что-либо руками другому электромонтеру со средним потенциалом:

Если электромонтер, находящийся на земле вступает в прямой контакт с любым металлическим инструментом или проходит мимо него, может возникнуть электростатический удар из-за разности потенциалов между двумя рабочими.

Если электромонтер, находящийся на земле вступает в прямой контакт с другим электромонтером со средним потенциалом, изолирующая платформа короткозамкнута, в результате чего R_2 и C_2 стремятся к нулю. В результате ток утечки может резко возрасти, а также возможно разрушение воздушного зазора, поскольку объединенные зазоры становятся единым, что приводит к поражению электрическим током техника.

2) Изоляционная платформа и изолирующий стержень должны регулярно проверяться и соответствовать отличным изоляционным свойствам. Полезное расстояние изоляции должно соответствовать требованиям для соответствующего уровня напряжения, а объединенные зазоры должны быть примерно на 20% больше, чем один зазор при соответствующем уровне напряжения.

2.3.3 Равновесный потенциал

Эквипотенциальная работа относится к деятельности, в которой электромонтер вступает в непосредственный контакт с оборудованием под напряжением, тогда как потенциал тела равен потенциалу детали оборудования, и это один из методов прямой работы.

Электрическое покалывание или даже поражение электрическим током не определяется потенциалом, в котором находится человеческое тело, а зависит от тока, протекающего через тело. Согласно закону Ома, когда тело не вступает в контакт с двумя объектами с разностью потенциалов одновременно, путь тока не будет сформирован, и ток не будет проходить через тело. Теоретически, все части электромонтера, потенциал которых равен потенциалу детали под напряжением, находятся в одном потенциале, и через тело ток не течет, поэтому эквипотенциальная работа безопасна. Это основной принцип эквипотенциальной работы.

Эквипотенциальная работа обычно применяется для работы под напряжением 35 кВ и выше. Он не подходит для распределительных линий среднего и низкого напряжения, так как расстояние между

опорами в линиях невелико. Следовательно, основной принцип эквипотенциальной работы не будет более подробно описан здесь.

2.4 Типы опор распределительной линии и производство работ под напряжением

Типы опор распределительных линий, как правило, зависят от метеорологических условий, геологических условий, опыта эксплуатации и условий применения в различных районах и, как правило, по возможности рассчитываются как универсальная опора. Единственная цепь линии обычно проложена на одной опоре на открытых участках. Два и более контуров городских воздушных линий обычно проложены на одной опоре, так что коридор линии может быть полностью использован. С точки зрения надежности источника питания, однако, следует избегать многоконтурной прокладки на одном и той же опоре, чтобы избежать ситуации, когда во время работы на опоре необходимо прервать большее число цепей, и легко соответствовать требованиям работы в режиме реального времени

2.4.1 Классификация типов опор

Башенные опоры изготавливаются в различных конструктивных стилях с учетом условий применения, топографического состояния и условий строительства. Равностороннее треугольное расположение должно быть сначала рассмотрено для обеспечения сбалансированной работы индуктивности, емкости и импеданса трехфазных проводов. Типы опор, обычно используемые для линий распределения в регионе, кратко представлены ниже.

1) Типовые подвесные опоры

i) Одноцепные подвесные опоры обычно имеют треугольную форму. Бетонные опоры диаметром около 150 или около 190. Опорные изоляторы включают в себя штыревые изоляторы, опорные изоляторы или фарфоровые поперечины. Если используются фарфоровые поперечины, они не могут одновременно служить углами, как показано на рис. 2.30(a) и (d). Когда используются штыревые изоляторы или опорные изоляторы, их можно использовать с опорными проводами, чтобы обеспечить небольшие углы, как показано на рис. 2.30(b) и (d). Провода с большими поперечными сечениями могут быть проложены на опорах, оснащенных двойными поперечными рычагами. На рис. 2.30 показаны бетонные опоры высотой 12 м. Если линии проложены в горных районах или проложены железные дороги, телеграфные линии, линии низкого напряжения или автомагистрали,

можно использовать более высокие бетонные опоры, такие как опоры 15 и 18 метров. Портальные опоры могут быть использованы для увеличения номинальной высоты проводов.

ii) Двухцепные подвесные опоры обычно имеют двухстороннее треугольное или вертикальное расположение, как показано на рис. 2.31. Другие ситуации такие же, как и у одноцепных подвесных опор. Важно отметить, что, поскольку существует еще одна цепь, корпус опоры и основание несут большую силу. Выбор должен основываться на соответствующих расчетах, и в соответствии с соответствующими процедурами разница между сечениями двухпроводных проводов не должна превышать класс 3.

2) Типовые опоры напряжения

Учитывая факторы несущей способности, технические характеристики бетонных опор и поперечин, используемых для натяжных опор, как правило, на несколько классов выше, чем у подвесных опор. Угловые опоры выше 45° должны использовать крестообразные рычаги в форме «+». Рис. 2.32 показывает несколько типовых видов подвесных опор. На рис. направление удерживающих проводов изменяется в зависимости от углов линии.

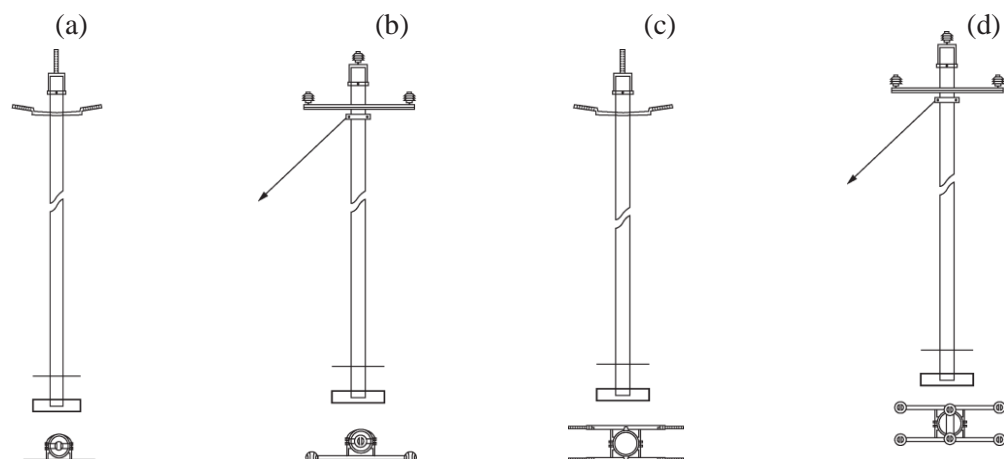


Рис. 2.30 Схема одноцепных подвесных опор. (а) треугольное расположение однотипной траверсы для одной опоры; (б) треугольное расположение одноцепного изолятора для одной опоры; (с) треугольное расположение одноцепных и двойных фарфоровых траверс; (д) треугольное расположение одноцепных изоляторов на двух опорах.

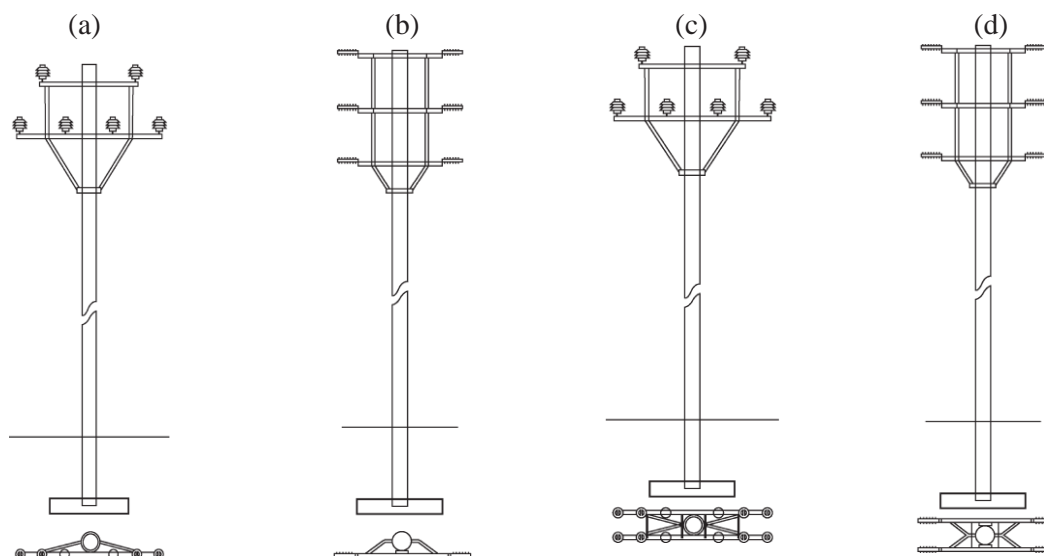


Рис. 2.31 Схема двухцепных подвесных опор. (а) двухстороннее треугольное расположение одной опоры и одного опорного изолятора; (б) двухстороннее вертикальное расположение одной опоры и одной фарфоровой траверсы; (с) двухстороннее треугольное расположение одной опоры и двух опорных изоляторов; (д) двухстороннее вертикальное расположение одной опоры и двух фарфоровых траверс.

2.4.2 Расстояние между проводами на мачте и расстояние от проводов до окружающих объектов

1) Горизонтальное расстояние между проводами

При нормальных обстоятельствах каждый из проводов в воздушной линии качается синхронно при условии, что скорость и направление ветра определены. Однако, когда направление ветра и особенно скорость ветра изменяются, провода могут не качаться синхронно. Если расстояние между проводами слишком мало, провода могут быть перепутаны или даже замкнуты накоротко из-за слишком близкого колебания в центре диапазона. Поэтому провода должны располагаться на достаточном расстоянии.

Как правило, расстояние между проводами, расположенными горизонтально в воздушной распределительной линии, можно определить по формуле ниже

$$D = 0.4L_k + \frac{U_t}{110} + 0.65\sqrt{f_{34}} \quad (2.2)$$

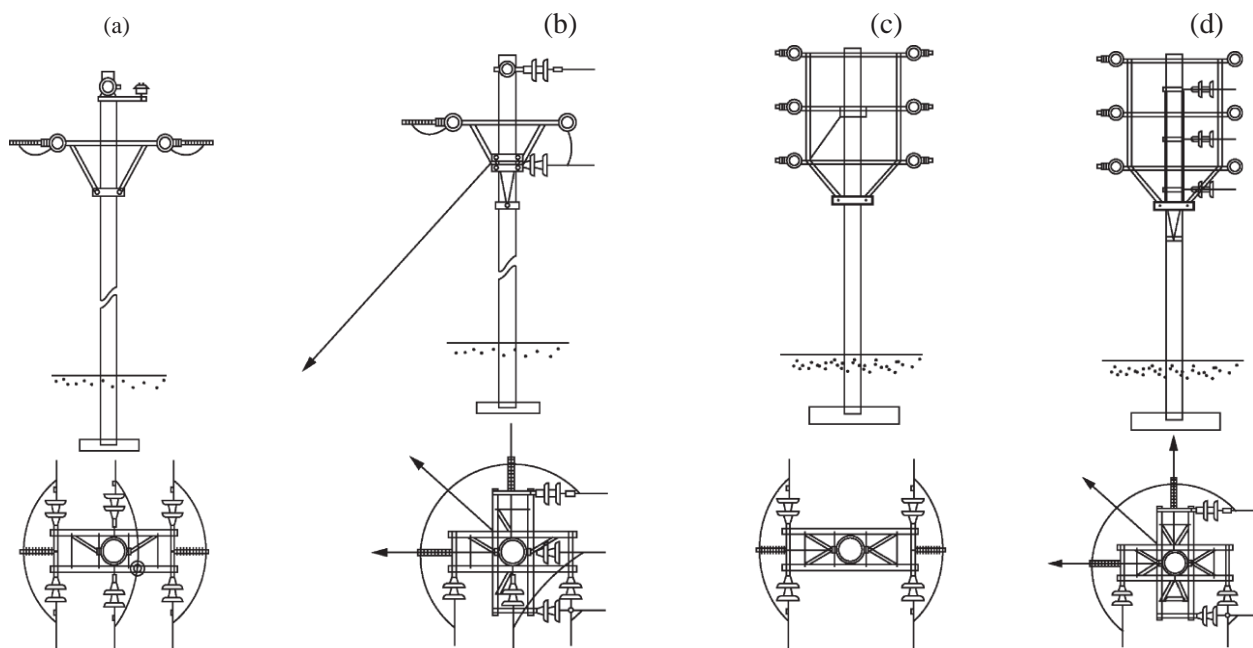


Рис. 2.32 Схема натяжных опор. (а) одноцепная линейная натяжная опора; (б) одноцепная угловая натяжная опора; (с) двухцепная линейная натяжная опора; (д) двухцепная угловая натяжная опора.

D - горизонтальное расстояние между проводами, м;

L_k - длина изолирующей колонны, м;

U_e - номинальное напряжение линии, кв;

f_{xd} - максимальный прогиб провода, м

2) Расстояние между вертикально расположенными проводами

Расстояние между вертикально расположенными проводами. В дополнение к перенапряжению следует учитывать увеличение провисания проводов, покрытых льдом или снегом, а также скачок мокрого состояния проводов для определения расстояния между вертикально расположенными проводами. Расстояние по вертикали может быть равно 75% расстояния между горизонтально расположенными проводами. В районах, где накапливается тяжелый лед провода должны быть расположены горизонтально или треугольно.

3) Расстояние между треугольными проводами

Диагональное расстояние между треугольными проводами можно рассчитать по формуле ниже

$$D_x = \sqrt{D_p^2 + \left(\frac{4D_z}{3}\right)^2} \quad (2.3)$$

Где D_x - диагональное расстояние между треугольными проводами, м;

D_p - расстояние горизонтальной проекции проводов, м;

D_z - расстояние вертикальной проекции проводов, м.

Это эквивалентное расстояние не должно быть меньше горизонтального расстояния между проводами. В случае небольшого пролета можно использовать минимальное расстояние между проводами, приведенное в таблице 2.2.

4) Соответствующие расстояния для линий, проложенных на одной опоре и расстояние между дренажными проводами.

Обратитесь к соответствующим процедурам для определения вертикального расстояния между поперечными рычагами в двухпроводных линиях или линиях высокого или низкого напряжения, проложенных на одной опоре.

Таблица 2.2 Минимальное расстояние между проводами в распределительной линии / м.

Пролёт\м	40 и ниже	50	60	70	80	90	100
10(20)кВ	0.6	0.65	0.7	0.75	0.85	0.9	1.0
0.4кВ	0.3	0.4	0.45	—	—	—	—

5) Расстояние от проводов до окружающих объектов

Городские ландшафты предъявляют все более высокие требования к воздушным линиям электропередачи, а высота и тип опор и расположение проводов должны быть согласованы и согласовываться с окружающей средой. В случае прокладки распределительных линий среднего и низкого напряжения на одной и той же опоре, обратитесь к соответствующим процедурам для расстояния между сливными проводами, вертикального расстояния между проводами и окружающими дорогами, зданиями и реками, а также горизонтального расстояния и вертикальное расстояние между проводами и другими линиями напряжения, деревьями и склонами.

2.4.3 Типы опор для производства работ под напряжением

Планирование и проектирование распределительных сетей должны быть хорошо продуманы, чтобы создать благоприятные условия для будущей работы в режиме реального времени.

- 1) При выборе топографического местоположения опор для работы под напряжением, следует учитывать доступный диапазон, а также рабочее пространство рабочих транспортных средств под напряжением.
- 2) Подходит для работы под напряжением на одной опоре одноцепного типа. Одноцепное треугольное расположение изолирующих проводов на одной опоре и треугольная одноцепная конфигурация на одной опоре являются предпочтительными. Для подвесных опор должны использоваться опорные изоляторы.
- 3) Провода двухцепного типа для одной опоры должны быть расположены в треугольном или вертикальном положении, и следует избегать горизонтального расположения.

1) Вертикальное расположение двухцепных типов на одной опоре.

Траверсы расположены в три ряда, при этом две цепи проводов проложены симметрично с обеих сторон. Трехфазные провода в каждой цепи расположены вертикально в боковом направлении. Использование подъемного устройства с изолирующим звеном делает работу в каждой фазе удобной. Оно подходит для выполнения подключения (снятия) дренажных проводов под напряжением, замены навестных опор на натяжные опоры, демонтажа (установку) опор под напряжением или других комбинированных работ.

2) Треугольное расположение двухцепных типов на одной опоре. Траверсы расположены в два ряда и две цепи провода проложены симметрично в обе стороны. Трехфазные провода в каждой цепи расположены в боковом направлении треугольно. Благодаря двухслойной конструкции использование подъемного устройства с изолирующими звеньями делает работу удобной. Подходит для подключения под напряжением (удаления) дренажных проводов, замены прерванных опор подвеса на опоры натяжения или другой совместной работы. Поскольку двухфазные провода расположены на обеих сторонах нижнего слоя, внутреннее пространство между проводами трудно эффективно расширить при выполнении снятия (установки) опор под напряжением, поэтому снятие (установки) опор под напряжением не подходит.

3) Горизонтальное расположение траверс двухцепных типов на одной опоре.

Траверсы расположены в два ряда, а две цепи проводов проложены соответственно в верхнем и нижнем рядах. Каждая цепь проводов расположена горизонтально, но двухфазные провода должны быть проложены горизонтально на одной стороне каждого ряда. Относительное рабочее расстояние в горизонтальном положении большое, что затрудняет работу на нем рабочих. Кроме того, провода на верхнем и нижнем рядах расположены вертикально, поэтому нецелесообразно выполнять подключение (удаление) дренажных проводов под напряжением, замену подвесных опор на натяжные опоры, снятие (установку) опор под напряжением или другие совместные работы.

- 4) Несколько цепей проводов проложены в одной опоре. Эти линии имеют три или более цепей проводов, множество фаз проводов и небольшое рабочее пространство, поэтому работа с линиями под напряжением очень непригодна для этих линий.
- 5) Другие типы опор
- 1) В дополнение к вертикальной нагрузке на провода, натяжные опоры, угловые опоры и оконечные опоры должны нести горизонтальные нагрузки, вызванные натяжением провода со всех сторон. Невозможно выполнить демонтаж (установку) опор под напряжением на этих мачтах.
 - 2) Ответвительные опоры несут встречное натяжение провода, создаваемое проходкой навесной перемычки, поэтому не рекомендуется выполнять подключение (удаление) дополнительного комплекта дренажных проводов под напряжением, замену подвесных опор на натяжные, снятие (установку) опор под напряжением или другие совместные работы на ответвительных опорах.
 - 3) На опорах, которые оснащены переключателями ответвлений (секционирования) (разъединяющими звеньями) или распределительными трансформаторами, не рекомендуется выполнять подключение (удаление) дополнительного комплекта дренажных проводов, замену опор на натяжные опоры, снятие (установка) опор или другие совместные работы

Литература

- 1 Li Tianyou, Jin wenlong, Xu Binyin. Distribution Techniques[M]. Beijing: China Power Press, 2008.
- 2 Li Tianyou. Distribution Lines[M]. Beijing: China Power Press, 2006.
- 3 Turan Gonen, Electric Power Distribution Engineering, CRC Press, 2014.
- 4 Luces M. Faulkenberry and Walter Coffe Electrical Power Distribution and Transmission, Prentice Hall, 1996.
- 5 Xiang-lin; Hu Jian-xun, An Investigation on the Safety Evaluation of Live Working on 10 kV Distribution Lines: The Application of the Analytic Hierarchy Process, Computer Distributed Control and Intelligent Environmental Monitoring, 2012, Page(s): 122– 125.
- 6 I. Towers. “Live-line maintenance methods” IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems. 1973, vol. 92, pp. 1642–1648.

3

Теоретическая основа методов производства работ

В настоящей главе анализируется воздействие электричества на организм человека и, в частности, представлены основные теории о перенапряжении, диэлектрических свойствах, координации изоляции и интервалах безопасности, которые тесно связаны с методами производства работ, обеспечивая теоретическую основу выполнения работ под напряжением без перерыва подачи электроэнергии потребителю.

3.1 Анализ воздействия электричества на организм человека

Во время работы под напряжением электричество может воздействовать на организм человека двумя способами: (1) техник соприкасается с различными линейными частями, которые находятся под напряжением, в этой области создается разность потенциалов (например, между фазам или между фазой и землей), таким образом получает удар током; (2) техник ощущает дискомфорт, словно его уносит ветром или колет иглой, такое воздействие в области электрического поля создает электростатическая индукция, когда электромонтер находится вблизи с линейной частью, но не соприкасается с ней.

3.1.1 Воздействие электрического тока на организм человека

Если техник в это же время коснется элемента заземления на линии незащищенной частью тела, то произойдет разряжение электрических зарядов; будет ощущаться покалывание, когда ток разряда достигнет среднего значения. [1] Точно так же, если в электрическом поле находится металлический объект, изолирующий от заземления, то небольшое количество электрических зарядов будет накапливаться в объекте за счет электростатической индукции, тем самым подвергая объект воздействию наведенного напряжения. В это время, если электромонтер, находясь в электрическом потенциале земли, рукой коснется объекта, то электрические заряды, накопленные в объекте, будут разряжаться в землю через него, и также будет ощущаться покалывание, когда ток разряда достигнет среднего значения.

Организм человека в некоторой степени способен выдерживать влияние электрического тока, при этом, человек будет испытывать различные ощущения и находится под вредным воздействием, вызванным различной интенсивностью проходящего через тело током. Слабый ток (переменный ток 0,5 мА и ниже) не будет ощутим, тем не менее, начинает ощущаться при значении от 1 до 5 мА, хотя оно является безвредным для организма. По данным относимых исследований, установлено, что организм человека имеет различные степени сопротивления постоянному и переменному току. В основном, в качестве уровней восприятия организмом человека минимально ощутимого переменного и постоянного тока приняты соответственно значения 1 мА тока питающей сети и 5 мА постоянного тока. Длительное прохождение минимально ощутимого тока через организм человека не вызовет никакой опасности. Мужчины и женщины немного отличаются по уровню восприятия, и обычно считается, что женщины имеют более высокий уровень восприятия, чем мужчины. Организм человека ощущает иначе, если ток проходит через тела различной плотности.

Согласно соответствующей информации и результатам клинических испытаний, ток плотностью 0,127 мА/мм², заставит организм человека почувствовать электрическое покалывание, которое является терпимым. Когда ток питающей сети, проходящий через тело человека, превышает сотни миллиампер, а время подачи энергии короче цикла сердечных сокращений (при условии, что средняя частота сердечных сокращений взрослого человека составляет 75 ударов в минуту, а средний цикл сердечных сокращений составляет 0,8 с), то произойдет фибрилляция желудочков. Если время подачи энергии превышает цикл сердечных сокращений, то произойдет остановка сердца, что приведет к наступлению смерти.

Таблица 3.1 Пороговые значения разрядного тока, на которые физиологически реагирует организм человека /мА.

Физиологическая реакция	Восприятие	Удар током	Осл. дых.	Дыхательный спазм	Фибрилляция желудочков
Мужчина	1.1	3.2	16.0	23.0	100
Женщина	0.8	2.2	10.5	15.0	100

Если организм человека представляет собой замкнутый контур, то ток пройдет через тело, вызвав поражение электрическим током. Поражение человека ударом электрического тока зависит от величины тока, проходящего через его тело. Физиологические реакции организма человека на установившийся ток питающей сети включают восприятие, шок, ослабление дыхания, дыхательный спазм и фибрилляцию желудочков. В таблице 3.1. приведены пороги разрядного тока, на которые, согласно исследованиям, физиологически реагирует организм человека.

3.1.2 Воздействие электрического поля на организм человека

В процессе производства работ техник и его/ее окружение образуют различные совокупности электродов. Основные совокупности электродов включают следующие виды: провод – техник и каркас, провод – техник и траверса опоры, техник и провод – каркас, техник и провод – траверса опоры, техник и провод – провод и так далее. Вследствие различных условий на объекте и расположениях включенного оборудования, разнообразных рабочих инструментов и способов, а также мобильности техника в процессе производства, во время работы под напряжением техник может подвергаться изменению электрических полей высокого напряжения. Следовательно, необходимо знать основные характеристики и классификацию электрических полей.

В природе существуют положительные и отрицательные заряды, а электрические поля окружают электрические заряды. Если электрическое поле является статическим относительно наблюдателя, и его количество электричества не изменяется со временем, то это электрическое поле называется электростатическим полем. Например, электрическое поле между двумя электродами под напряжением постоянного тока является электростатическим полем. Под напряжением питающей сети количество электричества в двух электродах со временем изменяется, поэтому электрическое поле между двумя электродами также со временем изменяется.

Однако, так как скорость изменения электрического поля относительно меньше скорости движения электрона, а расстояние между двумя электродами намного меньше длины электромагнитной волны, то такое электрическое поле можно приближенно считать электростатическим полем.[2]

Если в электрическое поле вводится электростатический заряд, то сила электрического поля будет воздействовать на этот заряд. Напряженность электрического поля (для краткости называемая также напряженностью поля) определяется как напряженность электрического поля. Она равна отношению между силой, действующей на заряд в электрическом поле, и количеством электричества заряда.

По степени равномерности электрических полей электростатические поля можно подразделять на равномерные электрические поля, слабо неравномерные электрические поля и очень неравномерные электрические поля. Значения напряженности поля и направлений одинаковы во всех точках в равномерном электрическом поле. Например, электрическое поле между парой параллельных пластинчатых электродов является равномерным электрическим полем (за исключением краев электродов) при условии, что расстояние между пластинчатыми электродами намного меньше, чем размер электродов. Напряженность поля E (кВ/м) в каждой точке равномерного электрического поля рассчитывает по следующей формуле:

$$E = \frac{U}{d} \quad (3.1)$$

Где U – напряжение, приложенное между двумя электродами, кВ;
 d – расстояние между пластинчатыми электродами, м.

В неравномерном электрическом поле значения напряженности поля или направлений меняются во всех точках. По симметрии распределения электрического поля неравномерные электрические поля можно подразделять на электрические поля симметричного распределения и асимметричного распределения. Электроды «штанга - опора» используются, в основном, как типовое электрическое поле асимметричного распределения, а электроды «штанга - штанга» используются как типовое электрическое поле симметричного распределения.

Поскольку напряженность поля в точке в неравномерном электрическом поле изменяется в зависимости от формы электродов и положения, степень неравномерности электрического поля связана с формой электродов и расстоянием между электродами. Если электроды имеют одинаковую форму, например, электрическое поле между двумя металлическими шариками, то когда расстояние между электродами увеличивается, степень неравномерности электрического поля также будет увеличиваться.

Если расстояние между электродами относительно меньше диаметра шарика, то электрическое поле представляет собой слабо неравномерное электрическое поле; если расстояние между электродами увеличивается, то и степень неравномерности электрического поля постепенно увеличивается, и электрическое поле, в конечном итоге, становится очень неравномерным электрическим полем.

Изменяющаяся напряженность электрического поля вызовет различные ощущения в организме человека, например, покалывание, чувство дуновения ветра, ощущение обволакивающей паутины или нехарактерного звука. Согласно связанным исследованиям, уровень восприятия электрического поля организмом человека составляет 2,4 кВ/см (то есть 240 кВ/м), при котором человек будет чувствовать дуновение ветра на своей коже.

Работая на линии под напряжением, когда напряженность внешнего электрического поля достигает среднего значения, человек почувствует «дуновение ветра» на своей незащищенной коже. В это время измеряемая напряженность поля поверхности тела должна составлять 240 кВ / м, это означает, что через тело человека проходит ток 0,08 мкА/см². Ионизация воздуха и движение кончиков проводов в электрическом поле, обусловленные высокой напряженностью поля, вызывают чувство дуновения ветра.

Согласно экспериментальным исследованиям, максимальная напряженность поля над головой человека, стоящего на земле, в 13,5 раз превышает напряженность окружающего его поля. Для человека среднего телосложения, стоящего в равномерном электрическом поле с напряженностью поля заземления 10 кВ/м, напряженность поля поверхности тела в верхней части его или ее головы составляет 135 кВ/м, что меньше «уровня восприятия электрического поля» человеческой кожей. Согласно соответствующим стандартам допустимая величина напряженности местного поля на незащищенных участках лица человека составляет 240 кВ/м.

В силу разнородных внешних условий на объекте эксплуатации под напряжением и различных рабочих инструментов и методов, электрические поля высокого напряжения в области производства работ являются очень сложными. Во избежание опасности поражения электрическим током или неприятных ощущений во время работы на линии под напряжением, необходимо выполнять следующие три основных условия:

- 1) Значение тока, проходящего через тело человека, не должно превышать уровень восприятия организмом человека минимально ощутимого тока, то есть 1 мА (1000 мкА).
- 2) Напряженность местного поля поверхности тела не должна превышать уровень восприятия человеком минимально ощутимого напряжения, то есть 2,4 кВ/см.
- 3) Между электромонтером и деталью под напряжением должно соблюдаться безопасное расстояние.

3.2 Работы в условиях перенапряжения

Работая на линии под напряжением, в дополнение к нормальному рабочему напряжению, техник может подвергаться воздействию внутреннего перенапряжения и атмосферного перенапряжения. Внутреннее перенапряжение включает в себя коммутационное перенапряжение и кратковременное перенапряжение. Коммутационное перенапряжение включает в себя периодическое перенапряжение дугового замыкания на землю, предельное перенапряжение при индуктивной нагрузке и перенапряжение при замыкании цепи без нагрузки (в том числе повторное включение).

Кратковременное перенапряжение включает в себя повышение напряжения питающей сети и

резонансное перенапряжение. В большинстве случаев, отношение между внутренней амплитудой перенапряжения и наибольшей амплитудой рабочего фазного напряжения системы называется внутренним коэффициентом перенапряжения K_0 . Коэффициент перенапряжения K_0 статистически связан с такими факторами, как сетчатая структура, параметры компонентов в системе, режим работы нейтральных точек, характер коротких замыканий и перебоев и рабочий процесс.

Рабочие процедуры по электрической безопасности прямо предусматривают, что «работать под напряжением запрещается в случае грома и молнии (например, при слышимости грома или видимости молнии), снега, града, дождя или тумана». Хотя работа на линии под напряжением запрещена в зоне грозового разряда, атмосферное перенапряжение все еще будет представлять угрозу для работы под напряжением, выполняемой за пределами зоны грозового разряда, поскольку атмосферное перенапряжение может распространяться очень далеко вдоль линий. Кроме того, поскольку амплитуда атмосферного перенапряжения постоянно затухает при распространении, необходимо выбрать надлежащее расстояние передачи и рассчитать остаточную величину, при которой атмосферное перенапряжение не представляет угрозы, таким образом, подавляя степень опасности атмосферного перенапряжения.

Как принято считать, расстояние затухания равно 20 км (люди могут наблюдать явление молнии в радиусе не более 20 км). Таким образом, для строгого соблюдения приведенных выше правил техники безопасности, при работе на линии под напряжением в основном учитывают внутреннее перенапряжение и рабочее напряжение. Внутреннее перенапряжение включает в себя коммутационное перенапряжение и кратковременное перенапряжение.[3]

3.2.1 Коммутационное перенапряжение

Коммутационное перенапряжение характеризуется высокой амплитудой, малой длительностью и быстрым затуханием. Обычное коммутационное перенапряжение в электроэнергетической системе включает в себя периодическое перенапряжение при дуговом замыкании на землю в изоляционных сетях нейтральной точки, предельное перенапряжение при индуктивной нагрузке (трансформатор без нагрузки, реактор, двигатель и т.д.), предельное перенапряжение при емкостной нагрузке (цепь без нагрузки, конденсаторная батарея и т.д.), перенапряжение при замыкании цепи без нагрузки (включая повторное включение) и секционное перенапряжение системы.

Значение коммутационного перенапряжения служит главным основанием для определения безопасного расстояния для работы на линии под напряжением.

1) Периодическое перенапряжение при дуговом замыкании на землю. Однофазное перенапряжение при дуговом замыкании на землю возникает только в сетях, где нейтральные точки напрямую не заземлены. Например, в случае однофазного короткого замыкания на землю, однофазный ток короткого замыкания на землю представляет собой емкостный ток, проходящий через нейтральную точку. Если линия сетки достаточно длинная и имеет большой емкостный ток, то однофазное образование дуговых электрических замыканий на землю погасить нелегко, но оно нестабильно с переменным выбросом дуги и повторным зажиганием. Это явление известно как периодическое возникновение дуговых разрядов, которое характеризуется высоким перенапряжением. По этой причине, дуговой разряд возникает в одной фазе с землей много раз, что не только приводит к заземлению короткого замыкания в других двух фазах, но также вызывает колебания емкости заземления в других двух фазах. Теоретически, перенапряжение будет очень высоким при частом возникновении периодических дуговых разрядов. Фактически, дуговые разряды не всегда происходят с одинаковой амплитудой, а также имеют место другие потери и затухания. В связи с этим, коэффициент перенапряжения K_0 обычно не превышает $3U_{xg}$ и временами может достигать $3,5U_{xg}$.

2) Предельное перенапряжение при индуктивной нагрузке.

При отключении индуктивных нагрузок, например, трансформаторов без нагрузки, реакторов, двигателей или дугогасительных катушек, энергия магнитного поля ($0.5Li^2$) (W = накопленная в индуктивной составляющей), будет преобразована в энергию электрического поля. Однако система не обладает достаточной емкостью для ее поглощения, а переключатель обладает сильной дугогасительной способностью. Если $t \rightarrow 0$, скорость изменения тока возбуждения $di/dt \rightarrow \infty$ (бесконечная), а перенапряжение $U_1 = L \cdot di / dt \rightarrow \infty$ будет индуцироваться при индуктивности L . Для сетки, в которой нейтральные точки не заземлены напрямую, коэффициент перенапряжения K_0 обычно

не превышает $4 U_{xg}$; для сетки, в которой нейтральные точки заземлены напрямую, K_0 обычно составляет не более $3 U_{xg}$. Коэффициент перенапряжения связан с конструкцией выключателя, параметрами цепи, структурой и соединением трансформатора, способом заземления нейтральной точки и другими факторами.

3) Перенапряжение при замыкании цепи без нагрузки (в том числе повторное включение).

При замыкании емкостных нагрузок, например, длинных линий без нагрузки (включая кабели) и конденсаторных батарей, используемых для повышения мощности системы, дуговой разряд возникает при разрыве контактов выключателей из-за обратного заряда и разряда емкости.

Это связано с тем, что в чисто емкостной цепи ток опережает напряжение на 90° с точки зрения положения фазы. После $1/4$ периода дуга гаснет, когда ток проходит через точку 0, и в это время напряжение достигает своего пика. Если отключение выключателя не восстанавливает его изоляцию, и емкостные заряды заполняют разрыв, то $U = U_{xg}$. После еще одного полупериода напряжение обратно достигает своего пика. В это время $U = 2U_{xg}$, и происходит высокочастотное колебание. Исходя из структуры, что за один разряд добавляется $2U_{xg}$, теоретически напряжение увеличивается в 3, 5, 7, 9 раз по сравнению с фазным напряжением, в то время как на самом деле перенапряжение составляет только (3-4) U_{xg} . Поскольку выключатель обладает отличным свойством гашения дуги, то повторный разряд не обязательно происходит в выключателе, быстро восстанавливающим изоляцию, а напряжение не обязательно достигает своего пика в случае каждого повторного разряда.

Перенапряжение в шине со схемой с параллельно включенными цепями меньше, чем в шине с одной цепью. Дополнительные цепи имеют потери в коронном разряде и потери в активном сопротивлении, которые оказывают демпфирующее действие. В основном, перенапряжение системы, в которой нейтральные точки заземляются напрямую или через дугогасительные катушки, составляет не более $3 U_{xg}$, а максимальное перенапряжение системы, в которой нейтральные точки не заземляются, достигает до (3-3,5) U_{xg} .

3.2.2 Кратковременное перенапряжение

Кратковременное перенапряжение включает рост напряжения питающей сети и резонансное перенапряжение. Напряжение питающей сети увеличивается с небольшой амплитудой, но длится в течение длительного времени при сильной энергии, поэтому его часто используют для оценки длины тока утечки изолирующих инструментов при работе на линии под напряжением.

Причины повышения напряжения промышленной частоты включают в себя главным образом несимметричные замыкания на землю, внезапное отключение нагрузки генератора или воздействие емкости длинных линий без нагрузки. Несимметричные замыкания на землю распространены в линиях, большинством из которых являются однофазные замыкания на землю, вызывающие наиболее серьезные перенапряжения питающей сети. При однофазном заземлении напряжение питающей сети для заземления здоровых фаз может возрасти в 1,9 раза по сравнению с напряжением фазы в системе, где нейтральные точки изолированы, и в 1,4 раза в системе, где нейтральные точки заземлены.

Электрооборудование (линии, трансформаторы, генераторы и т.д.) образует сложную цепь индуктивности и емкостного колебания в электроэнергетической системе. В обычных условиях из-за наличия нагрузок или того факта, что оба конца цепи подключены к источнику питания системы, возникновение свободных колебаний маловероятно.

При переключении или любого перебоя в несимметричных условиях (например, разомкнутая цепь, включение/выключение неполнофазного режима, насыщение трансформатора напряжения и т.д.), соответствующие параметры формируют резонансную цепь ($L=1/\omega C$), возбуждающую высокое перенапряжение. Необходимым условием является то, что неотъемлемая естественная частота вибрации равна частоте внешней сети ($f_0=f$) или формируется простая субчастотная гармоника. Таким образом, в цепи возникает резонанс напряжений. Обычные резонансные перенапряжения включают в себя резонанс параметров, резонанс включения / выключения неполнофазного режима и резонанс разомкнутой цепи. Случаи резонансного перенапряжения являются наиболее частыми и могут происходить в электрических сетях напряжением 3–330 кВ. Коэффициент перенапряжения K_0 обычно не превышает $3 U_{xg}$, резонансное перенапряжение длится долго, что серьезно влияет на безопасную работу системы.

Подводя итог, следует отметить, что необходимо в высшей степени учитывать коммутационное

перенапряжение, поскольку оно может быть очень высоким. Колебательные сигналы коммутационного перенапряжения имеют различные формы. Для облегчения комплексного сравнения, в национальных стандартах указывается стандартный колебательный сигнал в качестве основы для измерения уровня изоляции электрооборудования. Стандартный колебательный сигнал коммутационного импульсного напряжения, рекомендованный Международной электротехнической комиссией (МЭК), был принят в Китае и включен в GB16929.

На рис. 3.1 показан колебательный сигнал коммутационного импульсного напряжения. На рис. T_p - время нарастания импульса (обычно называемое временем прилива волны),

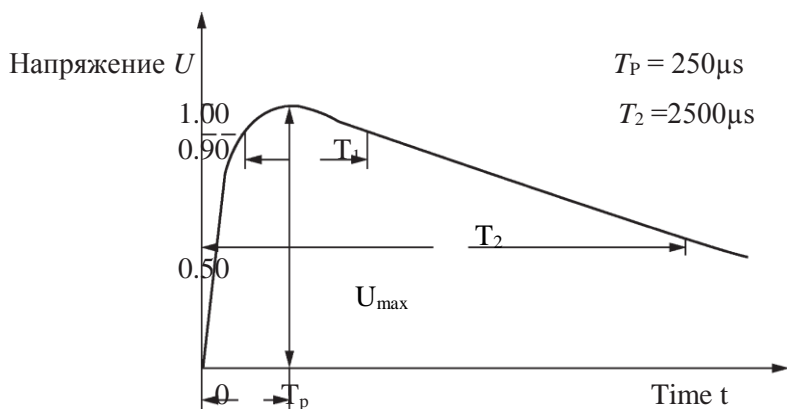


Рис. 3.1 Колебательный сигнал коммутационного импульсного напряжения

необходимое для изменения напряжения от нуля до максимального пика U_{\max} ; T_2 - это время половины пика (обычно называемое временем хвоста волны), которое требуется для изменения напряжения от нуля до максимального пика, а затем до половины пика ($1/2 U_{\max}$). Параметры колебательного сигнала стандартного коммутационного импульсного напряжения задаются следующим образом:

$$T_p / T_2 = 250 / 2500$$

Допустимое отклонение между указанным значением и измеряемым значением составляет

Время нарастания импульса $\Delta T_p = \pm 20\%$

Время половины пика $\Delta T_p = \pm 60\%$

Таким образом, 250/2500 мкс часто используется для указания стандартного колебательного сигнала коммутационного импульсного напряжения.

Коммутационное перенапряжение характеризуется высокой амплитудой, малой длительностью и быстрым затуханием, поэтому значение коммутационного перенапряжения служит основой для определения безопасного расстояния для работы на линии под напряжением.

Кратковременное перенапряжение характеризуется низкой амплитудой, большой продолжительностью и большой энергией, поэтому его часто используют для определения длины тока утечки изолирующих инструментов при работе на линии под напряжением.

Перенапряжение системы может полностью или частично угрожать личной безопасности через следующие три канала.

1) Чистый воздушный канал. Перенапряжение вызывает разрядку воздушного зазора между частью под напряжением и техником. Например, при выполнении эквипотенциальных работ на проводах под напряжением, техник должен следить за тем, высвободится ли воздушный зазор между техником и землей или между техником и вышкой.

2) Канал электротехнического инструмента. Перенапряжение приводит к искрению и выходу из строя используемых электротехнических инструментов. Например, когда техник на вышке контактирует с оборудованием, находящимся под напряжением, с помощью изолирующего стержня, то он или она должны обратить внимание на нарастающее искрение или внешнее разрушение изолирующего стержня.

3) Канал изолятора. Перенапряжение приводит к разрядке через гирлянды изоляторов, находящихся возле техника. Например, при замене изоляторов техник должен знать о нарастающем искрении в гирлянде изоляторов из-за плохих изоляторов, которые могут угрожать безопасности человека.

Во избежание этих угроз, работы на линии под напряжением должны одновременно отвечать требованиям «безопасного расстояния» и «безопасного и эффективного изоляционного расстояния», что будет представлено далее в следующих главах.

3.3 Электрическая прочность изоляции

Диэлектрик – это непроводящий материал, то есть изолятор, который в технике называется изоляционным материалом. Диэлектрик обычно имеет более высокое удельное электрическое сопротивление, и вещества, имеющие удельное электрическое сопротивление более 10 Ом·см, являются диэлектриками. По форме диэлектрики подразделяются на газовые диэлектрики, жидкие диэлектрики и твердые диэлектрики, а диэлектрики, связанные с работой под напряжением, в основном являются газовыми диэлектриками и твердыми диэлектриками.[4]

3.3.1 Электропроводность и сопротивление изоляции

Газовые, жидкие и твердые диэлектрики имеют различные механизмы проводимости. Изолирующие инструменты и оборудование, используемые в работах на линии под напряжением, представляют собой твердые диэлектрики, свойства которых по преимуществу будут представлены.

Диэлектрики являются хорошими изоляторами, но если на диэлектрик подается напряжение, то через диэлектрик проходит слабый ток. Слабый ток – это ток утечки, вызванный направленным смещением ионов или электронов диэлектрика, которые подвергаются воздействию электрического поля. Для количественной оценки тока утечки, возникающего при подаче напряжения к диэлектрику, понятие проводимости приводится по следующей формуле:

$$G = \frac{I}{U}$$

Где G – проводимость диэлектрика, мкрС;

U – приложенное напряжение, В;

I – ток утечки, мкрА.

1) Проводимость и сопротивление изоляции твердого диэлектрика

Твердый диэлектрик производит положительные ионы, отрицательные ионы и электроны под действием силы электрического поля. В слабом электрическом поле в основном возникает ионная проводимость; в то время как в сильном электрическом поле электроны в диэлектрике могут быть возбуждены для включения в проводимость. Ток утечки твердого диэлектрика включает в себя объемный ток и поверхностный ток. После подачи напряжения на диэлектрик часть тока утечки проходит через поверхность диэлектрика, называемая поверхностным током, тогда как другая часть тока утечки протекает через внутреннюю часть диэлектрика, называемая объемным током. Следовательно, проводимость твердого диэлектрика также включает поверхностную проводимость и объемную проводимость.

В технике часто используется сопротивление изоляции для указания изоляционных свойств диэлектрика. Сопротивление изоляции и проводимость являются взаимнообратными, то есть

$$R = \frac{1}{G} \quad (3.3)$$

Где G – проводимость диэлектрика, С;
 R – сопротивление изоляции, Ω .

Следовательно,

$$R_v = \rho_v \frac{d}{S}; R_s = \rho_s \frac{d}{L} \quad (3.4)$$

Где R_v –объемное сопротивление изоляции диэлектрика, М Ω ;
 R_s –поверхностное сопротивление изоляции диэлектрика, М Ω ;
 ρ_v – объёмное удельное сопротивление диэлектрика, $\Omega \cdot \text{см}$;
 ρ_s –поверхностное удельное сопротивление диэлектрика, $\Omega \cdot \text{см}$;
 d – толщина диэлектрика, см;
 S – площадь поперечного сечения диэлектрика, см²;
 L – расстояние между двумя электродами, см.

Объемное удельное сопротивление может использоваться в качестве параметра для выбора изоляционных материалов и измеряется для проверки изоляционных материалов на однородность. Поверхностное удельное сопротивление является параметром, который не представляет внутреннюю характеристику материала, но отражает его загрязняющее свойство поверхности. Объемное удельное сопротивление является более важным для применения изоляционных материалов. В Таблице 3.2 приведено объемное удельное сопротивление диэлектриков, часто используемых при работе под напряжением.

2) Факторы, влияющие на ток утечки твердого диэлектрика. Согласно формулам (3.2) - (3.4) ток утечки твердого диэлектрика связан с материалом (например, с удельным электрическим сопротивлением) и структурой диэлектрика. Это также связано с другими факторами, например, с приложенным напряжением, температурой диэлектрика и состоянием поверхности диэлектрика.

1) Приложенное напряжение. Что касается хорошего изолятора, его ток утечки и приложенное напряжение должны иметь линейную зависимость, однако большое количество испытаний доказали, что ток утечки и приложенное напряжение могут поддерживать только приблизительную линейную зависимость в определенном диапазоне напряжений.

Таблица 3.2 Опорные величины объемного удельного сопротивления широко используемых диэлектриков

Диэлектрик	Стекл. эпокс. волокно	ПХВ	ПТФЭ	ПММА	Электро- фарфор, стекловолокно	Резина
Объем. удел. Сопрот-е/ ($\Omega \cdot \text{см}$)	10 ^{13~14}	10 ^{14~16}	10 ^{16~17}	10 ^{12~15}	10 ^{15~16}	10 ^{13~15}

Когда напряжение достигает определенного уровня, ток утечки начинает нелинейно расти, но сопротивление изоляции соответственно будет падать; если же напряжение превышает определенный уровень, то ток утечки будет резко возрастать, а сопротивление изоляции резко падать, что в конечном итоге приводит к пробое изоляции и диэлектрика.

2) Температура диэлектрика. Когда температура диэлектрика повышается, больше ионов включается в проводимость, что приводит к увеличению тока утечки, повышению проводимости и снижению сопротивления изоляции.

3) Состояние поверхности диэлектрика. Ток поверхностной утечки диэлектрика тесно связан с состоянием поверхности диэлектрика, например, с поверхностной грязью или влажностью. Загрязняющие вещества часто содержат растворимые в воде ионизированные вещества. При контакте

воды с поверхностью диэлектрика, ионизированные вещества растворяются в воде, образуя проводящие ионы, что приводит к резкому увеличению тока утечки на поверхности. Если диэлектрик является гидрофильным, то его поверхность легко впитывает влагу, образуя сплошной слой водной пленки. Из-за высокой проводимости воды поверхностный ток утечки значительно увеличивается. Если диэлектрик является гидрофобным, то на поверхности диэлектрика не образовывается водная пленка, однако появляется всего лишь несколько отдельных капель воды, поэтому поверхностный ток утечки не увеличивается. Поэтому изоляционные материалы или изолирующие инструменты должны изготавливаться из гидрофобных материалов.

Ток утечки твердого диэлектрика связан с величиной приложенного напряжения, а поверхностный ток связан с состоянием поверхности, например, с поверхностной грязью или влажностью, а также с температурой и влажностью воздуха. В результате поверхностный ток утечки не отражает внутреннее состояние изоляции. Объемный ток изменяется в зависимости от изоляционных материалов и увеличивается с ростом температуры и увеличением напряженности электрического поля. Он также значительно увеличивается по мере появления большего числа примесей, поэтому объемный ток может отражать внутреннее состояние изоляции.

Если изоляция имеет местный дефект или подвергается воздействию влаги, то ток утечки также резко возрастает, и вольтамперная характеристика больше не является прямолинейной. В результате можно провести контроль тока утечки и испытание сопротивления изоляции, чтобы проверить изоляцию на наличие дефектов, грязи или влаги.

3) Ток утечки при работе на линии под напряжением

Во время работы на линии под напряжением под воздействием внутренних и внешних факторов ток проходит через поверхности изолирующих материалов всех каналов между частями под напряжением и заземленными частями, и этот ток называется током утечки. Значение тока утечки зависит от изолирующего материала, величины напряжения, погоды и других факторов. Как правило, ток утечки измеряется в микроамперах, поэтому он не причиняет большого вреда организму человека.

Однако, многие факторы, например, такие как высокая влажность, изолирующие инструменты низкого качества, влажная изоляция из-за неправильного хранения могут воздействовать на ток утечки и в конечном итоге заставить техника почувствовать электрическое покалывание, угрожающее его или ее безопасности. Поэтому следует принять соответствующие меры предосторожности во избежание несчастных случаев. Например, во время работ, связанных с заземлением, техник стоит на заземленной части (например, на железной мачте или траверсе) и ремонтирует часть, находящуюся под напряжением, с помощью электротехнического инструмента, образуя систему «земля – тело – электротехнический инструмент – часть под напряжением». В этот момент цепь тока, проходящего через тело техника, является цепью тока утечки, а ток утечки, проходящий через тело вдоль электротехнического инструмента, прямо пропорционален максимальному напряжению включенного оборудования и обратно пропорционален полному сопротивлению последовательной цепи между изолирующим инструментом и телом. Сопротивление тела незначительно по сравнению с сопротивлением изоляции электротехнического инструмента. Это показывает, что ток утечки, проходящий через тело, в основном зависит от электротехнического инструмента. Очевидно, что чем длиннее электротехнический инструмент, тем больше поверхностное сопротивление. При работе под напряжением ток утечки электротехнического инструмента иногда увеличивается, и основными причинами этого являются то, что:

- 1) Параметры температуры или влажности воздуха настолько высоки, что поверхностное сопротивление инструмента уменьшается.
- 2) Поверхность инструмента подвергается воздействию грязи или пота, поэтому поверхностное сопротивление уменьшается.
- 3) Электротехнический инструмент имеет неравномерное поверхностное сопротивление, истирание поверхности, шероховатость поверхности или трещины, что приводит к деформации распределения электрического поля. При увеличении тока утечки электротехнического инструмента до определенного значения, возникает коронный разряд, что в конечном итоге приводит к нарастающему искрению и несчастному случаю.

Важно отметить, что даже если ток утечки не достигнет начального значения коронного разряда, то в некоторых случаях техник может почувствовать покалывание от электричества или даже испытать нервную стимуляцию, вызывающую несчастный случай. Поэтому большое внимание следует уделить следующим мерам безопасности для предотвращения любого увеличения тока утечки инструментов

для работы на линии под напряжением:

- 1) Необходимо выбирать изоляционные материалы с превосходными электрическими свойствами и низкими водопоглощающими свойствами, например, эпоксиднофенольную стеклотканевую трубку (пластину).
- 2) Изолирующие инструменты необходимо хранить надлежащим образом и беречь от воздействия влаги или грязи.
- 3) Изолирующие инструменты необходимо тщательно обработать и подвергнуть поверхностной отделке и нанесению качественного изолирующего слоя отделочного покрытия.
- 4) Специальные инструменты, допускающие промывание водой, и инструменты для работы в дождь необходимо подвергнуть строгим испытаниям, а также признать квалифицированными согласно сертификатам.

3.3.2 Электрическая прочность и разрядные характеристики изоляции

Пробой – это нарушение электрической изоляции диэлектрика под действием сильного электрического поля, в результате чего часть диэлектрика становится электропроводящей. Если напряжение, приложенное к изоляции, превышает критическое значение, то изоляция будет повреждена и потеряет свои изолирующие свойства. Значение, которое указывает на напряжение пробоя изоляционного материала, называется электрической прочностью изоляции. Обычно электрическая прочность изоляции электрического оборудования выражается напряжением пробоя, в то время как электрическая прочность изоляции изоляционных материалов выражается средней напряженностью электрического поля пробоя, называемой напряженностью поля пробоя. Напряженность поля пробоя получается путем деления напряжения пробоя на расстояние между двумя электродами, на которые подается напряжение при определенных условиях испытания. Прочность изоляции существенно зависит от типа изоляции.

1) Свойства твердых диэлектриков

Пробой твердого диэлектрика – это нарушение электрической изоляции твердого диэлектрика под действием электрического поля, что приводит к резкому переходу из изолирующего состояния в состояние хорошей проводимости тока. В равномерном электрическом поле соотношение между напряжением пробоя и толщиной диэлектрика называется напряженностью электрического пробоя (в дальнейшем называемой напряженностью поля пробоя; также известной как напряженность диэлектрика), которая отражает электрическую прочность твердого диэлектрика. В неравномерном электрическом поле соотношение между напряжением пробоя и толщиной диэлектрика, при котором происходит пробой, называется средней напряженностью поля пробоя, которая ниже, чем диэлектрическая прочность твердого диэлектрика в равномерном электрическом поле. В Таблице 3.3 приведены значения прочности на пробой диэлектриков питающей сети, часто используемых в работе на линии под напряжением

Существует три формы пробоя твердого диэлектрика: электрический пробой, тепловой пробой и электрохимический пробой.

Таблица 3.3 Значения прочности на пробой диэлектриков промышленной частоты, часто используемых в работе под напряжением

Диэлектрик	Значения прочности на пробой пит. сети E_b	Диэлектрик	Значения прочности на пробой пит. сети E_b
Стеклоэпокс. вол-но	200–300	ПММА	180–220
Полиэтилен	180–280	Стекловолокно	700
ПВХ	100–200	Электро-фарфор	150–160
ПТФЭ	200–300	Кремнекаучук	200 - 300
Фторопласт	200–300	Вулканиз. резина	200 - 300
Поликарбонат	170-220		

- 1) Электрический пробой – это нарушение электрической изоляции диэлектрика, поскольку под действием электрического поля в диэлектрике накапливается достаточное количество заряженных частиц с достаточной энергией.
- 2) Тепловой пробой – это нарушение электрической изоляции диэлектрика, потому что накопление тепла и избыточная температура происходят под действием электрического поля внутри диэлектрика.
- 3) Электрохимический пробой – повреждение электрической изоляции диэлектрика, потому что диэлектрик подвергается медленным химическим изменениям своей структуры и свойств под воздействием электрического поля и температуры. Химические изменения твердого диэлектрика обычно приводят к более высокой проводимости и более высокой температуре диэлектрика, поэтому конечной формой электрохимического разрушения является тепловой пробой. Температура и продолжительность подачи напряжения оказывают небольшое воздействие на электрический пробой, но сильно влияют на тепловой пробой и электрохимический пробой. Местная неравномерность электрического поля оказывает небольшое влияние на электрический пробой, но существенно влияет на тепловой пробой и электрохимический пробой.

Ползучий разряд – это явление разряда вдоль поверхности твердого диэлектрика или вдоль воздушной границы раздела, а разрушительный пробой между электродами, возникающий в результате ползучего разряда, называется искрением. Поверхностное искрение изолятора является типичным ползучим разрядом. Прокол изолятора, пораженного молнией, является пробоем, и то, что происходит в изоляционном слое кабеля, также является типичным повреждением. Среди изолирующих инструментов, используемых для работы на линии под напряжением, те, чьи свойства ползучего разряда следует учитывать, включают в себя изолирующие стержни и изолирующие канаты. См. Таблицу 3.4 для определения их напряжения поверхностного пробоя питающей сети.

Основными факторами, влияющими на напряжение пробоя твердого диэлектрика, являются неравномерность электрического поля, тип приложенного напряжения и время его приложения, температура, свойства и структура твердого диэлектрика, количество применений напряжения, механические нагрузки и влага.

Таблица 3.4 Напряжение поверхностного пробоя питающей сети (эффективные значения) изолирующих инструментов, используемых для работы на линии под напряжением.

Длина/м	1	2	3	4	5
Изолирующий жгут/кВ	320	640	940	1100	
Изолирующий канат/кВ	340	500	860	1020	1120

- 1) Неравномерность электрического поля. Напряженность поля пробоя однородного и плотного твердого диэлектрика в равномерном электрическом поле может достигать 1–10 МВ/см. Напряженность поля пробоя зависит от внутренней структуры материала и имеет меньшее отношение к внешним факторам. Чем толще диэлектрик, тем меньше напряженность поля пробоя из-за неоднородности диэлектрика. Если толщина очень мала ($<10^{-3}$ - 10^{-4} см), то напряженность поля пробоя увеличивается. Чем более неравномерно электрическое поле, тем меньше напряженность поля пробоя. Если электрическое поле локально сильнее, то более вероятен частичный разряд. Под действием длительного частичного разряда часть твердого диэлектрика будет подвергаться электрохимическому разрушению.
- 2) Тип приложенного напряжения и время его приложения. Три формы пробоя твердого диэлектрика тесно связаны со временем приложения напряжения. Если один и тот же твердый диэлектрик находится под тем же распределением напряженности электрического поля, то его напряжение грозового импульсного пробоя часто больше, чем его напряжение пробоя питающей сети, а его напряжение пробоя постоянного тока также больше, чем его напряжение пробоя питающей сети. При увеличении частоты переменного напряжения, вероятность возникновения теплового пробоя повышается, или электрохимический пробой наступает заранее из-за более сильного частичного

разряда, больших диэлектрических потерь и серьезного нагрева.

- 3) Температура. Если при низкой температуре твердый диэлектрик находится в зоне электрического пробоя, то напряженность поля пробоя твердого диэлектрика в большинстве случаев не связана с температурой. Если температура поднимается немного выше, то твердый диэлектрик может подвергнуться тепловому пробую. Более высокая температура окружающей среды и худшие условия охлаждения указывают на более низкое напряжение теплового пробоя.
- 4) Свойство и структура твердого диэлектрика. Твердый диэлектрик, используемый в проектировании и строительстве, часто является не однородным и не плотным, и имеет поры или другие дефекты, которые нарушают электрическое поле и повреждают твердый диэлектрик. Если диэлектрик слишком толстый, с одной стороны, распределение напряженности электрического поля будет неравномерным, а рассеивание тепла будет непростым, что приведет к снижению напряженности поля пробоя; с другой стороны, поскольку твердый диэлектрик обладает хорошей теплопроводностью и малой проводимостью или диэлектрическими потерями, напряжение термического пробоя будет увеличиваться.
- 5) Количество приложений напряжения. Если время приложения напряжения недостаточно велико или напряженность электрического поля недостаточно высока, то полный пробой может быть слишком запоздалым, чтобы произойти в диэлектрике, и происходит только неполный пробой. Это явление особенно важно в очень неравномерном электрическом поле и под воздействием грозового импульсного напряжения. При нескольких подачах напряжения серия неполных пробоев приведет к полному пробую диэлектрика. Эффект, при котором неполное разрушение вызывает постепенную деградацию твердого диэлектрика, называется кумулятивным эффектом.
- 6) Механические нагрузки. При возникновении трещин или микротрещин, когда твердый диэлектрик испытывает механические нагрузки, напряжение пробоя падает.
- 7) Влага. Если твердый диэлектрик подвергается воздействию влаги, то напряжение пробоя будет падать.

2) Свойства газозлектриков

Пробоем в газовом диэлектрике является разрушительный разряд между электродами, когда молекулы газа подвергаются ударной ионизации под действием электрического поля. Процесс возникновения грома и молнии является типичным воздушным пробоем. Разрушение газового диэлектрика включает ионизацию электронным ударом, лавину электронов и стримерный разряд. Что касается зазора между электродами типа стержень-пластина, например, если напряжение подается на электроды стержень-пластина, а пластинчатый электрод заземлен, то электрические поля вблизи стержневого электрода сильнее, потому что стержневой электрод имеет меньший радиус кривизны, тогда как электрические поля в других областях относительно слабее. Если напряжение, приложенное в зазоре, достигает определенного значения, то ионизация электронным ударом происходит сначала в местном электрическом поле вблизи конца стержневого электрода, что приводит к лавине электронов, которая может развиться до стримера. Местный стример просто вызывает коронный разряд на кончиках электродов стержень-пластина. В других областях, где электрические поля очень слабые, стример не будет проходить через зазор, поэтому зазор не скоро будет разрушен. По мере увеличения приложенного напряжения слой коронного разряда постепенно расширяется. Если напряжение возрастает до некоторой степени, если на конце стержня возникают небольшие беспорядочные искры щеток, то в конечном итоге зазор будет полностью разрушен.

На пробой газового диэлектрика могут влиять многие факторы, включая приложенное напряжение, форма пластины, свойства и состояние газа. Распространенные типы пробоя газового диэлектрика включают в себя пробой напряжения постоянного тока, пробой напряжения питающей сети, пробой высокого давления, пробой импульсного напряжения, пробой высокого вакуума и пробой электроотрицательного газового пробоя.

Газовые диэлектрики, задействованные в работе на линии под напряжением, в основном представляют собой воздушные зазоры. Воздушный зазор является хорошим изолятором, а уровень его изоляции измеряется начальным разрядным напряжением под действием электрического поля. Средний градиент разряда воздушного зазора в электрическом поле переменного тока промышленной частоты составляет приблизительно 400 кВ/м. Уровень изоляции воздуха связан со следующими факторами.

1) Форма электрода. В четырех типичных электродах как шарик-шарик, стержень-стержень, стержень-пластина и пластина-электрод, электроды типа шарик-шарик имеют наиболее равномерную напряженность поля и самый высокий уровень изоляции, тогда как остальные три типа электродов подвергаются искажениям напряженности поля и имеют меньший уровень изоляции, чем зазор между электродами типа шарик-шарик.

2) Напряжение колебательного сигнала. Синусоида, коммутационная импульсная волна, световая импульсная волна и коммутационная волна с наложением постоянного тока - это четыре типа типичных колебательных сигналов напряжения при работе на линии под напряжением. На практике доказано, что они оказывают различное влияние на уровень воздушной изоляции. Для подавляющего большинства форм электродов напряжение разряда коммутационной волны отрицательной полярности выше, чем напряжение коммутационной волны положительной полярности. Электрическая прочность изоляции имеет вольт-секундные характеристики, а способность выдерживать напряжение зависит от напряжения колебательного сигнала и времени приложения. Приливы волн различных форм кривой напряжения означают скорости нарастания или спада различных мгновенных величин.

- Световая волна имеет самую короткое направление движения волны, самую высокую скорость нарастания и самое короткое время приложения, поэтому напряжение разряда под световой волной является самым высоким.
- Диапазон направления движения коммутационной волны находится между световой волной и синусоидой питающей сети, поэтому напряжение разряда под коммутационной волной является самым низким.
- Синусоида питающей сети имеет самый длительный прилив волны, и ее напряжение возникновения разряда выше, чем у коммутационной волны, но ниже, чем у световой волны, поэтому световая импульсная волна с положительной полярностью оказывает самое большое влияние на уровень изоляции.

3) Метеорологические условия. Атмосферное давление, температура и влажность в разной степени влияют на электрическую прочность изоляции воздуха. В условиях неизменной напряженности электрического поля и атмосферного давления, если температура повышается, то тепловые кинетические потенциалы молекул должны увеличиваться и ускорять ионизацию, что приводит к снижению напряжения газового разряда. При тех же условиях, если влажность увеличивается, то потенциалы молекул водяного пара в воздухе должны увеличиваться, и деионизация молекул ускоряется, что приводит к снижению напряжения газового разряда. Напряжение пробоя воздушного зазора уменьшается с ростом температуры и влажности воздуха. В результате температура и влажность обратно пропорциональны газовому разряду.

Из-за высокой напряженности поля ионизации и напряженности поля пробоя воздух может быстро восстановить свои изоляционные свойства после пробоя, а воздух несгораемый, невзрывной, не подвержен старости и коррозии. Тем не менее, напряжение пробоя воздушного разряда является высоко дисперсионным. Поэтому при изучении характеристик разряда в воздушном зазоре необходимо установить статистическую точку зрения. Пятьдесят процентов напряжения разряда статистически указывает на среднее изолирующее свойство воздушного зазора при коммутационном импульсном выдерживаемом напряжении. Что касается определения 50% напряжения разряда, то на воздушный зазор выбирается и подается стандартное импульсное напряжение с фиксированной амплитудой. И если напряжение подается достаточное количество раз, и вероятность того, что зазор разрушается, составляет 50% (то есть зазор разрушается на 50% от общего времени), то выбранное

напряжение составляет 50% напряжения разряда зазора и выражается обозначением U_{50} .

Результаты многочисленных испытаний показывают, что U_{50} воздушный зазор коллерирует с колебательным сигналом коммутационного импульсного напряжения, и что разрушение зазора обычно происходит во время прилива волны. Другими словами, разрушение зазора тесно связано со временем прилива волны T_p . Для того же зазора, U_{50} изменяется со временем прилива волны и достигает минимального значения $U_{50.min}$ в какое-то время прилива волны. В это время прилив волны называется критическим приливом волны. Для зазора между стержнем и пластиной можно использовать эмпирическую формулу обычно для оценки критического напряжения разряда, при котором электрод стержня имеет положительную полярность

$$U_{50.min} = 3400 \div \left(1 + \frac{8}{L} \right) \quad (3.5)$$

Где $U_{50.min}$ – критическое напряжение разряда, kV;
 L – длина зазора, (м).

Эта эмпирическая формула применима, если длина зазора составляет 2-5 м. Для любого зазора другой формы электрода, прежде всего, формула (3.5) используется для оценки $U_{50.min}$ зазора между стержнем и пластиной, имеющего ту же длину, что и зазор. Затем это значение умножается на коэффициент K_g зазора упомянутой формы электрода, чтобы получить расчетное значение $U_{50.min}$ указанного зазора. Необходимо обратиться к соответствующей информации о коэффициентах зазора K_g электродов различной формы.

3.4 Координация изоляции и минимальные изоляционные расстояния

3.4.1 Координация изоляции

1) Метод координации изоляции

Как уже говорилось в предыдущем разделе, изоляторы будут «разрушены» и преобразованы в провода из-за нагрева, высокого напряжения или других внешних условий. Твердые изоляторы или изоляционные материалы обычно теряют изоляционные свойства в случае разрушения, и это необратимо. Остальные вещества (например, свободный углерод) остаются в случае разрушения жидких изоляционных материалов, что приводит к снижению уровня изоляции изоляционных материалов. Только газоизолирующие материалы в случае разрушения могут автоматически восстанавливать первоначальные уровни изоляции за секунду (молекулярный поток и время обмена). Таким образом, многие газы (например, воздух) известны как имеющие «самовосстанавливающуюся изоляцию». Во время работы под напряжением необходимо поддерживать разумное безопасное расстояние (воздушный зазор) между техником и частью под напряжением, потому что воздух обладает такой самовосстанавливающейся изоляцией, которая может обеспечить безопасность техника.

Во время работы изоляторы в течение длительного времени несут не только номинальное напряжение (рабочее напряжение) питающей сети, но также различные виды перенапряжения (кратковременное перенапряжение, коммутационное перенапряжение и грозовое перенапряжение) с различными колебательными сигналами, амплитудами и длительностями. При номинальном напряжении более низкий уровень изоляции указывает на более низкую стоимость электрического оборудования. Однако при перенапряжении и напряжении питающей сети более низкий уровень изоляции приводит к частому искрению и авариям с повреждением изоляции и не может гарантировать безопасную работу электрических сетей. Напротив, более высокий уровень изоляции приводит к значительному увеличению инвестиций и вызывает излишние траты. Кроме того, хотя требования к уровню изоляции и инвестициям в оборудование могут быть уменьшены путем снижения и ограничения перенапряжения, требуются дополнительные устройства защиты от перенапряжения, а инвестиции соответственно увеличатся. Поэтому важно выбрать подходящую меру защиты от перенапряжения, чтобы не только ограничить любую возможную высокую амплитуду перенапряжения и обеспечить безопасность оборудования и надежную работу системы, но также снизить требования к уровням изоляции объектов электроснабжения и уменьшить инвестиционные затраты на основное

оборудование, без вложения дополнительных многочисленных инвестиционных затрат. Для этого необходимо надлежащим образом координировать перенапряжение, меру ограничения напряжения и уровень изоляции.

Координация изоляции – это процесс выбора изоляции оборудования в соответствии с различными уровнями перенапряжения в электроэнергетической системе, а также напряжениями, которые может выдержать оборудование, с тем, чтобы экономически и в оперативном отношении снизить вероятность повреждения изоляции или воздействия, вызванного различными напряжениями, до приемлемого уровня. Координация изоляции требует не только надежной технической координации различных напряжений, мер ограничения давления и характеристик устойчивости изоляции электрооборудования, но также хорошей экономической координации инвестиционных затрат, затрат на техническое обслуживание и потерь в результате аварий. Кроме того, поскольку различные перенапряжения, которые могут случайно возникать в энергосистеме, тесно связаны со структурами электросетей, региональными метеорологическими условиями и условиями загрязнения, а координация изоляции настолько сложна, что ее не следует определять отдельно и примитивно в одной ситуации. Координация изоляции обычно принимает два метода: 1) обычный метод и 2) статистический метод. Поскольку статистический метод является относительно сложным, соответственно в практической инженерии часто используется упрощенный статистический метод.

1) Обычный метод координации изоляции. Обычным методом является традиционно распространенный метод, предназначенный для обеспечения того, чтобы минимальное напряжение пробоя изоляции электрооборудования было выше, чем возможное максимальное перенапряжение в системе, и обеспечивало надлежащий запас прочности.

В этом методе соотношение между максимальным перенапряжением системы, выдерживающим напряжением изоляции и запасом прочности составляет

$$A = \frac{U_w}{U_{\text{оmax}}} = \frac{U_w}{U_n \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} K_r K_o} \quad (3.6)$$

Где A – запас прочности;

U_w – напряжение противостояния изоляции, кВ;

$U_{\text{оmax}}$ – максимальное перенапряжение системы, кВ;

U_n – эффективное значение номинального напряжения системы, кВ;

K_r – коэффициент повышения напряжения коэффициент;

K_o – коэффициент перенапряжения системы.

2) Статистический метод координации изоляции. Этот метод основан на предположении, что функция распределения вероятности перенапряжения и прочность изоляции известна или получена путем испытаний. Кривая плотности распределения вероятности перенапряжения, полученная из большого числа статистических данных, и кривая плотности распределения вероятности разрядного напряжения изоляции используются для расчета вероятности короткого замыкания при повреждении изоляции, вызванного перенапряжением. Уровень изоляции определяется посредством технико-экономического сравнения.

Поскольку в реальном проектировании использование статистического метода для координации изоляции довольно сложно и затруднительно, поэтому часто используется «упрощенный статистический метод», чтобы сделать некоторые разумные предположения о статистических закономерностях между перенапряжением и прочностью изоляции, например между нормальным распределением и стандартным отклонением. На основании этого рассчитывается степень повреждения изоляции.

Также важно отметить, что в настоящее время статистический метод координации изоляции может использоваться только для самовосстанавливающейся изоляции, и очень трудно получить распределение вероятности напряжения пробоя несамовосстанавливающейся изоляции. В реальном проектировании обычный метод используется для координации самовосстанавливающейся изоляции

с напряжением 220 кВ и ниже, тогда как упрощенный статистический метод используется для координации изоляции частично самовосстанавливающейся изоляции 330 кВ и выше сверхвысокого напряжения.

1) Координация изоляции при работе на линии под напряжением

Если изолирующие инструменты (или зазоры рабочего пространства), используемые для работы под напряжением, рассматриваются как вид оборудования в электроэнергетической системе, то следует также учесть координацию изоляции. Если выбранные уровни изоляции изолирующих инструментов (зазоров) слишком низкие, то уровень безопасности будет низким, что приведет к высокой аварийности и небезопасной работе на линии под напряжением. Напротив, если выбранные уровни изоляции изолирующих инструментов (или зазоров) слишком высоки, то будет гарантирована эксплуатационная надёжность, но требования к рабочему оборудованию, которым будет оснащен объект, увеличатся, что потребует дополнительных инвестиционных затрат, что не является экономически эффективным.

Во время работы на линии под напряжением цепь, образованная между изолятором и техником выглядит следующим образом: 1) при работе с потенциалом земли: земля – тело – изолирующие инструменты – часть под напряжением (электрооборудование); 2) при работе со средним потенциалом: земля – изолятор – тело – изолирующие инструменты (изолятор); 3) при работе с эквипотенциалом: земля – изолятор – тело – часть под напряжением. Для обеспечения безопасности техника, выполняющего работу на линии под напряжением, при условии, что изолятор и изолирующие инструменты соответствуют техническим требованиям, а между техником и частью под напряжением сохраняется соответствующее безопасное расстояние, ток утечки, проходящий через тело, будет меньше, чем уровень восприятия тока телом, что обеспечивает безопасность техника. Например, во время работ, связанных с электрическим потенциалом земли, техник стоит и работает на земле или на вышке, используя изолирующие инструменты (например, изолирующие стержни) с хорошими изоляционными свойствами. В это время полезное изоляционное расстояние самой короткой секции электротехнического инструмента должно превышать требуемое безопасное расстояние, и между техником и действующим оборудованием должно соблюдаться минимальное безопасное расстояние. Это может эффективно увеличить полное сопротивление и электрическую изоляцию цепи под напряжением, а также обеспечить личную безопасность техника. В этом случае, изолирующие инструменты и безопасное расстояние служат техническими мерами для увеличения сопротивления действующей цепи.

Фактический, структура изоляции линии под напряжением всегда состоит из самовосстанавливающейся изоляции и несамовосстанавливающейся изоляции. Изоляция воздушных зазоров является самовосстанавливающейся, в то время как изоляция основных инструментов, устройств или оборудования, используемых для работы под напряжением, не может быть просто описана как самовосстанавливающаяся или несамовосстанавливающаяся. Только тогда, когда вероятность того, что изолирующие части этих инструментов, устройств или оборудования подвергаются ползучему разряду или разряду с пробоем в пределах диапазона напряжений, можно проигнорировать (в это время вероятность разряда этих инструментов, устройств или оборудования соответствует их самовосстанавливающимся изолирующим частям), их изоляцию можно описать как самовосстанавливающуюся; в противном случае их изоляция описывается как несамовосстанавливающаяся.

Самовосстанавливающуюся изоляцию можно испытать при условии, что существует вероятность разряда. Например, любое напряжение, которое превышает номинальный уровень выдерживания импульса, используется для определения взаимосвязи между вероятностью разряда и приложенным напряжением, таким образом, непосредственно получая дополнительные данные из характеристик изоляции инструментов, устройств или оборудования, используемых для работы на линии под напряжением. Что касается несамовосстанавливающейся изоляции, если дополнительно подается какое-то напряжение, например номинальное импульсное выдерживаемое напряжение, то изоляция не обязательно разряжается, но может подвергнуться необратимому износу. Поэтому несамовосстанавливающуюся изоляцию можно проверить только путем применения ограниченного количества импульсных напряжений.

При работе на линии под напряжением уровень риска повреждения изоляции обычно называют уровнем риска. Предполагается, что распределение вероятности коммутационного перенапряжения системы и вероятность пробоя воздушного зазора соответствуют нормальному распределению. Затем уровень риска линии под напряжением можно рассчитать по ниже приведенной формуле:

$$R_0 = \frac{1}{2} \int_0^{\infty} P_0(u) P_d(u) du \quad (3.7)$$

Где $P_0(u)$ – функция плотности вероятности амплитуды коммутационного перенапряжения;
 $P_d(u)$ – функция плотности вероятности пробоя воздушного зазора при коммутационном перенапряжении с амплитудой U , следующим образом:

$$P_0(u) = \frac{1}{\sigma_0 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{u - u_{av}}{\sigma_0} \right)^2}$$

$$P_d(u) = \int_0^u \frac{1}{\sigma_d \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{u - u_{av}}{\sigma_0} \right)^2} du \quad (3.8)$$

Где u_{av} – среднее значение коммутационного перенапряжения, кВ;
 σ_0 – стандартное отклонение коммутационного перенапряжения, кВ;
 σ_d – стандартное отклонение разрядного напряжения изоляции, кВ

Приведенная выше математическая модель может быть использована для подготовки программ калькуляции, чтобы рассчитать степень риска линии, работающей под напряжением на основе результатов испытаний. Во время расчета, если вероятность того, что амплитуда коммутационного перенапряжения системы превысит значение, составляет 2%, то это значение будет называться статистическим коммутационным перенапряжением, выраженным $U_{2\%}$. Если допустимая вероятность того, что амплитуда коммутационного перенапряжения системы, превышающее значение, составляет 0,13%, то это значение будет называться максимальным коммутационным перенапряжением системы, которое выражается как $U_{0.13\%}$. Среднее значение коммутационного перенапряжения U_{av} можно рассчитать по формуле:

$$U_{av} = \frac{U_{2\%}}{1 + 2.05\sigma_0} \text{ or } U_{av} = \frac{U_{0.13\%}}{1 + 3\sigma_0} \quad (3.9)$$

Где σ_0 – стандартное отклонение коммутационного перенапряжения, кВ.

3.4.1 Минимальное изоляционное расстояние

1) Безопасное расстояние

Безопасное расстояние в совокупности относится ко всем минимальным расстояниям воздушного зазора, которые должны поддерживаться между техником и токоведущей частью с целью обеспечения личной безопасности человека. В частности, безопасное расстояние включает следующие пять расстояний зазора: минимальное безопасное расстояние, минимальное безопасное расстояние до земли, минимальное безопасное расстояние между фазами, минимальное безопасное рабочее расстояние и минимальный комплексный зазор. Безопасное расстояние необходимо обеспечивать, чтобы в случае возможного максимального перенапряжения не произошло искрения изоляции оборудования или разряда воздушного зазора или разряда в человека.

Для определения безопасного расстояния для производства работ на линии под напряжением, система, оборудование и длина линии обычно не рассматривались, поскольку всегда учитывали максимальное перенапряжение, которое может возникнуть в системе. Фактически, когда длина линии,

структура системы, состояние оборудования и рабочее состояние различаются, коммутационное перенапряжение линии сильно варьируется. Кроме того, если во время производства работ на линии под напряжением автоматическое повторное включение отключено, то фактический коэффициент перенапряжения будет меньше, чем максимальное перенапряжение системы. Следовательно, фактический коэффициент перенапряжения следует использовать для расчета и анализа безопасного расстояния и уровня риска при работе на линии под напряжением. Значения перенапряжения в разных системах можно рассчитать с помощью анализатора переходных процессов в сети или других специальных программ. В ходе фактической работы, если расчет коммутационного перенапряжения и данные измерений линии недоступно, то для определения безопасного расстояния следует использовать возможный максимальный коэффициент перенапряжения для системы.[5]

Минимальное безопасное расстояние относится к минимальному расстоянию, которое следует соблюдать между техником, работающим на земле, и частью под напряжением. Минимальное безопасное расстояние для производства работ на линии под напряжением включает минимальное электрическое расстояние и предельное действующее расстояние работающего техника. В стандартах МЭК минимальное электрическое расстояние относится к минимальному расстоянию, которое требуется для предотвращения разряда с пробоем в рабочей точке линии под напряжением. Это определяется различными факторами, включая форму рабочего зазора, отклонение разряда, высоту и полярность напряжения. Форма рабочего зазора оказывает очевидное влияние на напряжение разряда. При стандартном импульсном напряжении положительной полярности структура стержень-пластина имеет наименьшее напряжение разряда с коэффициентом зазора 0,1. Что касается других различных структур зазоров, то можно произвести испытание на имитационной модели с целью расчета коэффициентов зазоров для совокупности различных электродов. Структура зазора непосредственно влияет на метод работы для ввода высокого потенциала. Результат испытания показывает, что если расстояние между зазорами остается неизменным, то в случае эквипотенциальной работы имитируемое разрядное напряжение от техника до боковой конструкции выше, чем разрядное напряжение от техника до верхней конструкции. [6] В нормальных условиях минимальное безопасное расстояние между техником и частью под напряжением составляет 0,4 м при 10 кВ и 0,6 м при 20 кВ.

Минимальное безопасное расстояние до земли относится к минимальному расстоянию, которое следует соблюдать между техником, работающим под равностепенным потенциалом (эквипотенциально) на части под напряжением, и окружающей заземленной частью. Как правило, безопасное расстояние от эквипотенциально работающего техника на части под напряжением до земли равно минимальному безопасному расстоянию от техника, работающего на заземленной части до части под напряжением.

Минимальное безопасное расстояние между фазами относится к минимальному расстоянию, которое должно сохраняться между техником на части под напряжением и другой частью под напряжением на соседней фазе. Минимальное безопасное расстояние между техником и частью под напряжением составляет 0,6 м при 10 кВ и 0,8 м при 20 кВ.

Минимальное безопасное рабочее расстояние относится к минимальному расстоянию, которое должно поддерживаться между техником, работающим на земле, и частью под напряжением, и требуется для обеспечения личной безопасности, если требуется произвести некоторые действия. Для определения минимального безопасного рабочего расстояния, к минимальному безопасному расстоянию добавляется один шаг пути техника. [7] Такой шаг обычно составляет 0,5 м.

2) Комплексный зазор

Во время производства работ на линии под напряжением один зазор между заземленной частью и частью под напряжением делится на две части благодаря подходу техника. Сумма двух зазоров, а именно, зазора между техником и заземленной частью и зазора между техником и частью под напряжением, называется комплексным зазором, то есть $S_z = S_1 + S_2$, как показано на рис. 3.2.

Комплексный зазор представляет собой специальную форму электрода. Согласно соответствующему испытанию комплексного зазора, разрядное напряжение комплексного зазора примерно на 20% ниже, чем у одиночного зазора с таким же расстоянием и такой же формой электрода. Следовательно, безопасное расстояние комплексного зазора определяется умножением минимального безопасного расстояния от рабочего до токоведущей части в одиночном зазоре примерно на 20%.

Минимальный комплексный зазор относится к сумме расстояний, которые должны соответственно соблюдаться между техником и заземленной частью, а также между техником и частью под напряжением, когда техник в комплексном зазоре находится в самом низком 50%-ом положении импульсного разрядного напряжения.

3) Полезная длина электротехнических инструментов

Электротехнические инструменты, как правило, включают в себя металлические компоненты, поэтому при расчете длины электротехнических инструментов необходимо вычесть длину металлических компонентов. Длина электротехнического инструмента за вычетом длины металлических компонентов называется полезной длиной электротехнического инструмента или минимальной полезной длиной.

При производстве работ на линии под напряжением, для обеспечения безопасности техников и оборудования под напряжением, необходимо обеспечить минимальный воздушный зазор и полезную длину электротехнических инструментов.

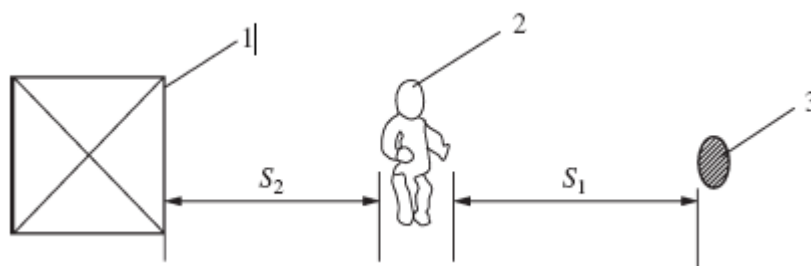


Рис. 3.2 Схема комплексного зазора. 1—вышка (заземленная часть); 2—техник; 3—часть под напряжением.

Соответствующий тест доказывает, что при проведении испытания разрядного напряжения в воздушном зазоре и изолирующем инструменте, оба из которых имеют одинаковую длину, воздушный зазор имеет разрядное напряжение на 6-10% выше, чем электротехнический инструмент.

Отсюда следует, что полезная длина электротехнических инструментов в различных классах напряжения в 1,1 раза больше безопасного расстояния до земли. К полезной длине изолирующего стержня следует добавить не менее 0,3 м, учитывая износ стержня во время использования и ситуацию, когда во время работы передний конец стержня может сдвигаться вперед на одно расстояние. Для системы 10 кВ изолирующие стержни имеют полезную длину 0,7 м, а изолирующие инструменты и изолирующие канаты имеют полезную длину 0,4 м; для системы 20 кВ полезная длина изолирующих стержней составляет 0,9 м, а полезные длины изолирующих инструментов и изолирующих канатов - 0,6 м.

Литература

1. Hu Yi. Live Working Technology on Distribution Lines[M]. Beijing: China Power Press, 2002.
2. Ding Yizheng, Tan Kexiong. The fundamental Technology of Live working[M]. Beijing: China Power Press, 1998.
3. Li Tianyou. Live Working in Distribution Network. Fujian Power and Electrical Engineering. 2000, No. 4, pp. 20–21.
4. IEC 60071-1:2006 + A1:2010: Insulation co-ordination - Part 1: Definitions, principles and rules Sobek, W.; Speth, M.: Textile Werkstoffe im Bauwesen. Deutsche Bauzeitung, 127/1993, Nr. 9, S. 74 81
5. J. Reichman. "Safety Aspects of live-line work methods," IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, 1981, Vol. 100, pp. 3478–3485.
6. IEC61318, Live working-Guidelines for quanlity assurance plans.
7. IEEE Working Group on the lightning performance of distribution lines, "Guide for Improving the lightning performance of electric power overhead distribution lines", IEEE STD 1410, 1997.

Типовые рабочие инструменты и практика применения

Надлежащее использование, обслуживание и хранение рабочих инструментов и средств защиты является существенно важным для обеспечения безопасности при производстве работ. В настоящей главе приводится описание типовых изоляционных материалов, при этом основное внимание уделяется характеристикам электротехнических инструментов, средств защиты и типовых рабочих инструментов, правилам эксплуатации и ухода за ними. Также в данной главе представлены соответствующие технологии, используемые при создании простых в использовании рабочих инструментов для производства работ под напряжением.

4.1 Электротехнические инструменты

Для изготовления электротехнических инструментов используются изоляционные материалы. Электротехнические инструменты подразделяются на электротехнические инструменты из твердых изоляционных материалов и электротехнические инструменты из мягких изоляционных материалов. Электротехнические инструменты из твердых изоляционных материалов состоят из изолирующих втулок, штанг и пластин, используемых в качестве основных изоляционных материалов, и металлических деталей, установленных на концах инструментов. Электротехнические инструменты из мягких изоляционных материалов состоят из изоляционных канатов, синтетического и натурального каучука, а также другого изоляционного пластика, используемого в качестве основных изоляционных материалов. Электротехнические инструменты для работ под напряжением должны обладать хорошими электроизоляционными свойствами и высокой механической прочностью, а также низкой гигроскопичностью и высокой стойкостью к старению материала. Для удобства производства работ на площадке, электротехнические инструменты также должны быть легковесными, простыми в использовании и стойкими к износу.

4.1.1 Типовые изоляционные материалы

Свойства изоляционных материалов непосредственно влияют на электрические и механические свойства электротехнических инструментов. Типовые изоляционные материалы, применяемые при производстве работ под напряжением, делятся на твердые и мягкие изоляционные материалы. [1]

1) Твердые изоляционные материалы

1) Эпоксидный стеклопластик. Армированный эпоксидный пластик (FRP от англ. Fiber reinforced plastic) – сложный материал, изготовленный из стекловолокна и эпоксидной смолы, считается самым твердым изоляционным материалом, в котором в качестве исходного материала используется армированный эпоксидный пластик. В силу превосходной электрической изолирующей способности стекловолокна и эпоксидной смолы, армированный эпоксидный пластик также обладает отличными электрическими характеристиками.

Стекло является твердым и хрупким, чтобы быть использованным в качестве строительного материала. Однако, если стекло формирует стекловолокно, то прочность материала значительно увеличивается наряду с гибкостью, и таким образом, его можно использовать с эпоксидной смолой в качестве тонкого строительного материала. Стекловолокно изготавливается методом высокоскоростной экструзии тонких нитей из расплавленного стекла через небольшие отверстия, диаметром от нескольких микрон до десятков микрон. Прочность стекловолокна увеличивается по мере уменьшения диаметра. Сотни или даже тысячи моноволокон интегрированы в пучок стекловолокна. В случае возникновения любой микротрещины моноволокно может порваться, а другие нити не будут затронуты. Пучок стекловолокна продолжает выдерживать высокие механические нагрузки. Стекло классифицируется на щелочное стекло и бесщелочное стекло, в зависимости от содержания в нём щелочи. Бесщелочное стекло содержит менее 1% щелочи и, вероятно, не подвергается коррозии под воздействием влаги. Оно также электрически и механически стабилизировано. Таким образом,

стекловолокно, используемое для электротехнических инструментов для производства работ под напряжением, изготавливают методом выдавливания нитей из бесщелочного стекла.

При изготовлении армированного эпоксидного пластика, смешение небольшого количества примесей неизбежно, также не исключается влажность, пыль, попадание смазочных материалов и конденсат. Такие примеси располагаются на границе раздела стекловолокна и эпоксидной смолы, воздействуя на герметичность соединения, при этом влага склонна проникать в армированный эпоксидный пластик по этим уязвимым точкам. Несмотря на небольшое количество, большинство примесей имеют очень высокую электропроводность и могут сильно влиять на электрическую изоляцию, электро-изоляцию армированного эпоксидного пластика. По этой причине, необходимо надлежащим образом контролировать количество примесей для обеспечения хорошей электрической изоляции изделий из армированного эпоксидного пластика.

2) Эпоксидная смола. Эпоксидная смола представляет собой универсальный класс органических полимеров, содержащих две или более эпоксидных групп с низким молекулярным весом. Молекулярная структура эпоксидной смолы отличается активными группами эпоксидной смолы в молекулярной цепи. Эпоксидные группы могут быть в конце и середине цепи или структуре цикла. Активные эпоксидные группы способствуют легкому смешению эпоксидных смол с широким спектром отвердителей, в результате чего образуются неплавкие полимеры с трехмерными соединенными структурами. Отвержденная эпоксидная смола обладает хорошими физико-химическими свойствами, такими как превосходная прочность прикрепления к поверхности металлических и неметаллических материалов, а также хорошим диэлектрическим свойством. Наряду с этим отвержденная эпоксидная смола отличается высокой прочностью, хорошей гибкостью и устойчивостью к щелочам и большинству растворителей. Поэтому, они широко используются при формовке, вкраплении, при производстве слоистых материалов, клея, покрытий и в других целях.

Твердые изоляционные материалы, такие как твердые изоляционные плиты, втулки, жгуты и различные профильные прокаты могут быть использованы для изготовления электротехнических инструментов из твердых изоляционных материалов, в том числе универсальных ручных штанг, опорных стоек, тяжелых лестниц, рам для размещения изоляторов, рабочих установок, мачт в сборке, а также электротехнических инструментов, работающих под нагрузкой, то есть, стационарных или подвижных электротехнических инструментов (в том числе подъемных устройств, изолирующих штанг, изолирующих платформ и т. д.), которые позволяют операторам получить доступ к рабочим позициям под напряжением.[2]

2) Мягкие изоляционные материалы

Мягкие изоляционные материалы включают изоляционные пленки и изоляционные жгуты. Изоляционные пленки содержат поливинилхлорид (ПВХ) и полипропилен (ПП). Поливинилхлорид, обычно сокращенно ПВХ, представляет собой термопластичную смолу, полученную полимеризацией винилхлорида с соединителем. Полипропилен, обычно сокращенно ПП, представляет собой теплостойкую смолу, произведенную путем полимеризаций пропилена. Изоляционные жгуты производят из шелка или нейлона, состав и свойства которых будут представлены ниже.

- 1) Состав и свойства шелка. Шелк – непрерывное длинное волокно, состоящее из твердого фиброина, произведенного зрелым шелкопрядом при создании кокона. Это самое светлое, самое мягкое и лучшее волокно в природе. Имея плотность около $1,3\text{--}1,45 \text{ г/см}^3$, шелк в основном состоит из фиброина и серицина. Серицин содержит небольшое количество воска и углеводов. Фиброин, так называемое шелковое волокно, представляет собой нерастворимый в воде волокнистый белок. Серицин представляет собой глобулярный белок, который растворяется в воде. Шелк, содержащий серицин, называется сырым шелком и не может быть использован для производства изолирующих канатов.

Шелковое волокно тонкое и мягкое, поэтому обладает высокой механической прочностью. Сухой шелк является хорошим электроизоляционным материалом, и его удельное сопротивление составляет около $1.5\text{--}5 \times 10^{11} \text{ Ом/см}$. Однако, в силу гидрофильности серицина шелка и пористости шелкового волокна, шелк является гигроскопичным. При намокании,

изолирующие свойства шелка стремительно ухудшаются, также, как и существенно понижается сопротивляемость. Когда шелк используется в качестве изоляционного материала, очень важно обращать внимание на его защиту от намокания. Также шелк характеризуется хорошей кислото-стойкостью, слабой щелочепрочностью, и высокой растяжимостью.

- 2) Состав и свойства нейлона. Нейлон, как правило, называют полиамидом (ПА), который в основном состоит из коксобензола, бензоила, циклогексана, и метилбензола. Существует множество разновидностей нейлона, в т.ч. нейлон-6, нейлон-66, нейлон-11 и нейлон-610, основными из которых являются нейлон-66 и нейлон-6. Типы нейлонов в некоторой степени отличаются друг от друга в зависимости от определенных свойств. Общее свойство заключается в том, что макромолекулярная структура содержит цепи амида, которые способны адсорбировать молекулы воды до формирования кристаллической структуры, придавая материалу превосходную сопротивляемость к износу. Поэтому, нейлон имеет высокую прочность, износостойкость и хорошую сопротивляемость. Из волокон нейлона формируется эластичная пряжа, а штапельное волокно смешивают с хлопком и акриловыми волокнами для того, чтобы улучшить прочность и упругость. Поэтому, нейлон широко применяют для изготовления канатов. Полиамид устойчив к щелочи, но не к кислотам. При продолжительном воздействии солнечных лучей прочность волокна снижается. К электротехническим инструментам из мягких изоляционных материалов в качестве основных компонентов, можно отнести жгуты и готовые изделия, а также гибкие шланги и гибкие доски, при этом наиболее широко используются изоляционные жгуты. [3]

4.1.2 Изолирующие штанги

Исходя из различных вариантов применения под напряжением, изолирующие штанги можно классифицировать на следующие типы: изолирующая ручная штанга, опорные штанги и натяжные (навесные) штанги. Физико-механические и диэлектрические свойства армированного эпоксидно-волокнутого пластика, используемого для изготовления изолирующих штанг, приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 Физико-механические и диэлектрические свойства эпоксидного армированного пластика.

Параметр	Техническое требование		Параметр	Техническое требование
Плотность	$\geq 1,75 \text{ г/см}^3$	Удельное электрическое сопротивление	В норм. состоянии	$> 1 \times 10^{14} \text{ Ом} \cdot \text{см}$
Влагопоглощение	$\leq 0,4\%$		Погруженный в воду	$> 1 \times 10^{12} \text{ Ом} \cdot \text{см}$
Прочность на изгиб	$\geq 35 \times 10^7 \text{ Па}$	Удельное поверхностное сопротивление	В норм. состоянии	$> 1 \times 10^{12} \text{ Ом}$
Поперечная прочность на сжатие	$\geq 20 \times 10^7 \text{ Па}$		Погруженный в воду	$> 1 \times 10^9 \text{ Ом}$
Прочность на растяжение	$\geq 30 \times 10^7 \text{ Па}$	Поверхностное выдерживаемое напряжение после намокания		$\geq 12 \text{ кВ}$
Тангенс угла диэлектрических потерь	$\leq 0,01$			

1) Изолирующая ручная штанга

Изолирующая ручная штанга – это инструмент, который удерживает перед собой оператор за рукоятку при соприкосновении с деталью под напряжением, как показано в рис. 4.1.

1) Изолирующая штанга с дальномерной шкалой используется для измерения расстояния между проводом и землей с возможностью регулировки расстояния. См. рис. 4.1(a).

2) Изолированный крюк для провода используется для временной фиксации провода. Изолированная рукоятка поворотного типа с металлической деталью на конце позволяет схватить предмет при вращении изолированной рукоятки по часовой стрелке и опустить предмет при повороте против часовой стрелки. См. рис. 4.1 (b).

3) Изолированный ключ оснащен изолированной рукояткой, используется для затягивания болтов. Метод его использования полностью совпадает с методом использования обычного ключа. См. рис. 4.1 (c).

4) Изоляционное устройство для намотки используют для равномерной намотки одножильного алюминиевого кабеля на провод с помощью двух роликов. Линейные провода соединяются при наматывании во время работ не под напряжением. См. рис. 4.1 (d).



Рис. 4.1 Типовые изолирующие ручные штанги (a) изолирующая штанга; (b) изолированный крюк для проовда; (c) изолированный ключ; (d) изоляционное устройство для намотки; (e) изолированный зажим; (f) изолированный резак для провода; (g) изолированный гидравлический резак.

5) Изолированный зажим используют для выполнения вручную временного зажима линейных проводов, либо других легковесных приспособлений. См. рис. 4.1(e).

6) Изолированный резак для провода используют для отсечения одножильного кабеля или кабеля малого сечения, либо дополнительно намотанных проводов. См. рис. 4.1(f).

7) Изолированный гидравлический резак используют для отсечения проводов во время бесконтактных работ. См. рис. 4.1 (g)

Изолирующие ручные штанги широко используются при производстве абот под напряжением. Общие требования к соединению ручной штанги состоят в том, чтобы выполнить фиксируемые изолирующие

соединения плотно и твердо. Внутренние и внешние поверхности и наконечники штанги, которые изготовлены из полых трубок, должны быть водонепроницаемыми. Колпачки наконечников следует использовать для герметизации полых трубок с обоих торцов, чтобы защитить внутреннюю поверхность от попадания влаги и загрязнений. Фиксируемое соединение ручной штанги должно быть изготовлено из высокопрочных материалов, металлическое соединение не должно быть превышать 100 мм в длину, а края должны быть круглой формы. Длина ручной штанги зависит от минимальной эффективной изоляционной длины, длины металлического оконечного соединения и длины рукоятки штанги. Длина каждой части должна соответствовать применимым условиям [4]. Минимальной эффективная длина изолирующей ручной штанги на 10 кВ должна составлять 0,7 м и на 20 кВ – 0,9 м.

2) Опорные и натяжные (навесные) штанги

Опорная штанга – это электротехнический инструмент, который с обоих концов фиксируется к детали под напряжением или заземляющему устройству (раме или мачте) для обеспечения безопасной и надежной нагрузки на деталь под напряжением. Натяжные (навесные) штанги представляют собой электротехнический инструмент, который соединяется с подвешивающим инструментом и обеспечивает безопасную и надежную нагрузку на деталь под напряжением. [5] Типовые виды изолирующей опорной штанги и изолирующих траверс показаны на рис. 4.2.

1) Изолирующая опорная штанга используется для правильной поддержки проводов во время работы для увеличения расстояния между проводами. Длину можно регулировать по мере необходимости, как показано на рис. 4.2 а).

2) Изолирующая траверса (называется также кронштейном для кабеля). Траверсу фиксируют на электрической опоре, ею регулируют положение трехфазных проводов по фактической схеме прокладки на площадке. Используется для поднятия проводов на навесной опоре, как показано в рис. 4.2(б). Во время использования, следует контролировать силу провисания проводов, чтобы не допустить чрезмерного натягивания. Металлические комплектующие опорной и натяжной (навесной) штанги, как правило, плотно крепят с полыми, сплошными трубками (далее по тексту

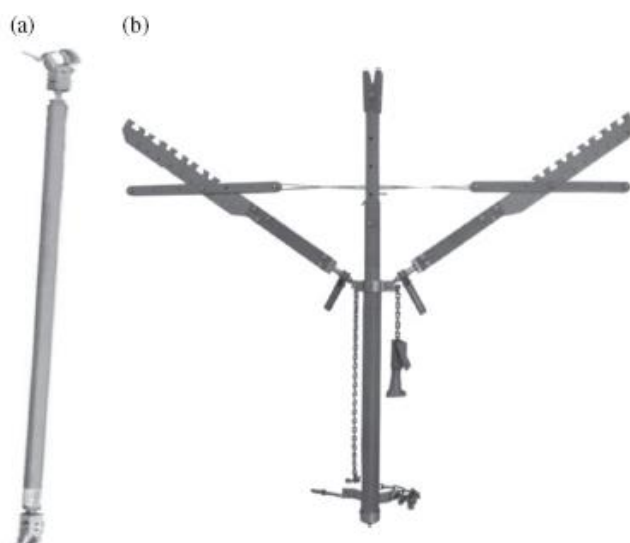


Рис. 4.2 Типовые опорные штанги (а) изолирующая опорная штанга; (б) изолирующая траверса.

изолированными втулками) и изоляционными пластинами, и пригодны для разного рода применения. Длина опорной штанги зависит от минимального эффективного расстояния изоляции, длины фиксируемой части и длины передвижной части. Длина натяжной (навесной) штанги зависит от минимального эффективного расстояния изоляции и длины фиксируемой части. Длина каждой части должна соответствовать применимым условиям. Минимальной эффективная изоляционная опорной или натяжной (навесной) штанги должна составлять 0,4 м на 10 кВ и 0,6 м на 20 кВ.

4.1.3 Изолированные жгуты и шнуры

Изолированные жгуты и шнуры являются одним из изоляционных материалов, широко используемых при работе под напряжением. Инструменты, выполненные из изолированных жгутов, отличаются гибкостью, легким весом, портативностью и подходят для выполнения работ на площадке, могут быть использованы в качестве инструментов для переноски устройств, выполнения альпинистских работ, в качестве подъемных и стыковочных тросов, а также предохранительных канатов. Кроме того, изолированные жгуты и шнуры могут быть использованы для производства лестниц и поясов. [8][9]

1) Структура и плетение изолирующих жгутов

Изолирующие жгуты выполняют из многожильных тросов круглого сечения, плетеных канатов круглого сечения, плетеных лент прямоугольного сечения и тросов. Тросы можно переплести обратным и прямым способом. Тросы обратного спуска переплетены спирально против часовой стрелки, их также называют тросами S-образного скручивания. Тросы прямого спуска переплетены спирально по часовой стрелке, их также называют тросами Z-образного переплетения. Для недопущения ослабления, жгуты, как правило, переплетают ZSZ образом. Другими словами, волокна скручены в одну нить прямого спуска; и нить скручивают в переплетенную пряжу обратного спуска, получившийся жгут переплетают в трос прямого спуска.

4.1.3 Изоляционные жгуты и шнуры

Изолированные жгуты и шнуры являются одним из изоляционных материалов, широко используемых при работе на линиях под напряжением. Инструменты, выполненные из изолированных жгутов, в качестве их основных компонентов отличаются гибкостью, легким весом, портативностью и подходят для выполнения полевых работ, могут быть использованы в качестве инструментов для переноски устройств, выполнения альпинистских работ, в качестве подъемных и стыковочных тросов, а также предохранительных канатов. Кроме того, изолированные жгуты и шнуры могут быть использованы для изолирующих лестниц и в качестве поясов. [8][9]

1) Структура и плетение изоляционных жгутов

Изоляционные жгуты выполняют из многожильных тросов круглого сечения, плетеных канатов круглого сечения, плетеных лент прямоугольного сечения и тросов. Тросы можно переплести обратным и прямым спуском. Тросы обратного спуска переплетены спирально против часовой стрелки, их также называют тросами S-образного скручивания. Тросы прямого спуска переплетены спирально по часовой стрелке, их также называют тросами Z-образного переплетения. Для недопущения ослабления, жгуты, как правило, переплетают ZSZ образом. Другими словами, волокна скручены в одну нить прямого спуска; и нить скручивают в переплетенную пряжу обратного спуска, получившийся жгут переплетают в трос прямого спуска.

1) Технологические требования и внешний вид.

Изоляционные жгуты (тросы) должны изготавливаться в помещениях, оборудованных надлежащей вентиляцией на пылезащищенном оборудовании. Во время производства запрещено касаться изоляционных жгутов руками без перчаток, поверхность жгутов не должна быть загрязнена маслом или водой. Каждый многожильный жгут и каждая многожильная нить должны быть плотно скручены без провисаний или признаков разъединения нитей. Скрученные жгуты и нити в каждой жиле не должны иметь дефектов (складки, бугорки, измельченные фрагменты, выступы, загибы, не должно быть включенных или спутанных волокон, нитей и жил). Волокна должны быть сочленены между одиночно проходящей нитью, и не допускаются сочленения жилами. Сочленения одиночных нитей должны быть заключены в жилу и не должны выходить наружу. Укладка многожильных жгутов и многожильных нитей должна быть равномерной по всей длине троса.

2) Электрические свойства изоляционных жгутов приведены в таблице 4.2, физико-механические свойства изоляционных жгутов из шелка тутового шелкопряда и нейлоновой нити в таблицах 4.3 и 4.4.

Общие рабочие инструменты и обычные изолирующие стропы, которые также называют изолированный тонкий линь, переплетают из нейлоновой пряжи в многожильные жгуты, из которых выполняют одновитковую намотку размером и диаметром, достаточным для стропа.

Таблица 4.2 Электрические свойства изоляционных жгутов

Испытуемая позиция	Стандарт	Длина образца	Схема укладки
Утечки переменного тока при высокой температуре (относительная влажность 90% при 20°C, 24 ч)	≤ 300 мкА на 100 кВ	0,5 м	Вертикальная
Разрядное сухоразрядное напряжение промышленной частоты	≥ 170 кВ	0.5 м	Вертикальная

Таблица 4.3 Физико-механические свойства изоляционных жгутов из шелка тутового шелкопряда (ZSZ переплетение).

Модель	Диаметр (мм)		Структура/жила	Длина укладки (мм)	Линейная плотность (г/м)	Удлинение \leq (%)	Предел прочности на разрыв \geq кН	Измеренное растяжение (Н)
	Номинальный диаметр	Допустимое отклонение						
SCJS-2	2	± 0.2	3	7 ± 0.3	2.5 ± 0.2	20	1.2	20
SCJS-4	4	± 0.2	3	13 ± 0.3	12 ± 0.2	20	2.6	40
SCJS-6	6	± 0.3	3×3	18 ± 0.3	19 ± 0.3	20	4.5	80
SCJS-8	8	± 0.3	3×3	24 ± 0.3	42 ± 0.5	20	6.9	110
SCJS-10	10	± 0.3	$4 \times 4 + 1$	32 ± 0.3	61 ± 1.0	35	9.2	140
SCJS-12	12	± 0.4	$4 \times 4 + 1$	37 ± 0.3	90 ± 1.0	35	12.4	200
SCJS-14	14	± 0.4	$4 \times 4 + 1$	42 ± 0.5	115 ± 1.5	35	16.0	300
SCJS-16	16	± 0.4	$4 \times 4 + 1$	48 ± 0.5	156 ± 1.5	35	20.0	400
SCJS-18	18	± 0.5	$4 \times 4 + 1$	56 ± 0.5	190 ± 2.0	44	25.0	500
SCJS-20	20	± 0.5	$4 \times 4 + 1$	62 ± 0.5	220 ± 3.0	44	30.0	700
SCJS-22	22	± 0.5	$4 \times 4 + 1$	66 ± 0.5	266 ± 3.0	44	36.0	800
SCJS-24	24	± 0.5	$4 \times 4 + 1$	72 ± 0.5	315 ± 4.0	44	41.5	900

Примечание: значения букв наименования модели: первые буквы: S - тутовый шелкопряд, C- шелк, J - изолирующий; S - жгут

Таблица 4.4 Физико-механические свойства изоляционных жгутов из нейлоновой нити (zsz twist).

Модель	Диаметр (мм)		Структура/ жила	Длина укладки (мм)	Линейная плотность (г/м)	Удлинение ≤ (%)	Предел прочности на разрыв ≥/кН	Измеренное растяжение (Н)
	Номинальный диаметр	Допустимое отклонение						
JCJS-2	2	±0.2	3	7 ± 0.3	2.6 ± 0.2	40	1.4	10
JCJS-4	4	±0.2	3	13 ± 0.3	13 ± 0.2	40	3.1	20
JCJS-6	6	±0.3	3 × 3	18 ± 0.3	20 ± 0.2	40	5.4	40
JCJS-8	8	±0.3	3 × 3	24 ± 0.3	44 ± 0.5	40	8.0	80
JCJS-10	10	±0.3	4 × 4 + 1	32 ± 0.3	63 ± 1.0	48	11.0	130
JCJS-12	12	±0.4	4 × 4 + 1	37 ± 0.5	93 ± 1.0	48	15.0	180
JCJS-14	14	±0.4	4 × 4 + 1	42 ± 0.5	117 ± 1.5	48	20.2	250
JCJS-16	16	±0.4	4 × 4 + 1	48 ± 0.5	157 ± 1.5	48	26.0	300
JCJS-18	18	±0.5	4 × 4 + 1	56 ± 0.5	193 ± 2.0	58	32.0	400
JCJS-20	20	±0.5	4 × 4 + 1	62 ± 0.5	222 ± 3.0	58	38.0	500
JCJS-22	22	±0.5	4 × 4 + 1	66 ± 0.5	268 ± 3.0	58	44.0	600
JCJS-24	24	±0.5	4 × 4 + 1	72 ± 0.5	318 ± 4.0	58	50.0	700

Примечание: значения букв наименования модели: первые буквы: J - нейлон, С- пряжа, J - изолирующий; S - жгут.

2) Изолирующие стропы

Изолирующие стропы по форме классифицируют на петлевой и двухпетлевой строп. Изолирующий петлевой строп представляет собой кольцевой строп из изолирующих нитей; двухпетлевой строп – это строп с двумя кольцами с обоих концов. Стropy – это изолирующие жгуты, используемые для подвешивания подъемных крюков, звеньев, полиспастов, такелажных скоб, и других инструментов во время выполнения работ линиях под напряжением, см. Рис. 4.3. Изолирующие стропы имеют разный диаметр и длину, и модель стропа определяется по материалу изготовления, коду и технической спецификации.

Например, JCSTW-16 × 400, где: JC-нейлоновая нить; ST – строп; W – петлевой строп; 16 – диаметр 16 мм; 400 – длина 400 мм.

Например, JCSTL—16 × 400, где: JC – нейлоновая нить; ST – строп; L – двухпетлевой строп; 16 – диаметр 16 мм; 400 – длина 400 мм.

Изолирующие стропы должны подлежать следующим видам испытаний: сбор образцов, визуальный контроль обследования состояния, предел прочности на разрыв, удлинение, электротехнические испытания и др. Испытание на механическое растяжение изолирующего стропа должно быть выполнено на машине для испытания на растяжение.

4.2 Средства защиты

Приспособления для защиты, применяемые электромонтерами при выполнении работ под напряжением, обобщенно называют средствами защиты. К таким средствам относятся: изолирующие защитные приспособления, а также приспособления для экранирования электрического поля. Изолирующие средства для экранирования – это средства, которые укрывают техников и защищают

их от соприкосновения с линейными компонентами под напряжением и соответствуют определенной установленной степени изоляционной защиты, включая все виды мягких и жестких изолирующих покрытий и барьеров. Изолирующие средства защиты



Рис. 4.3 Изолирующие стропы (a) петлевые стропы; b) двухпетлевые стропы.

защиты изготавливают из изолирующих материалов и специально предназначены для электромонтеров, выполняющих работы под напряжением; к таким средствам относятся: диэлектрические перчатки, изолирующая одежда (манжеты на руки), диэлектрическая обувь и изолирующие покрытия. Электрозащитные экранирующие средства выполнены из электропроводящих материалов и используются для защиты от сильных электрических полей; к ним относятся: защитная и антистатическая одежда (диэлектрическая обувь и перчатки). Такие средства нет необходимости использовать на распределительных линиях под напряжением в виду низкого напряжения. Поэтому, экранирующие устройства в этом разделе не описываются.

4.2.1 Изолирующие экранирующие устройства

Изолирующие экранирующие покрытия (защитные покрытия) выполнены из изолирующего материала и используются для экранирования от линейных или нелинейных проводов. Из-за небольшого безопасного расстояния между распределительными линиями и оборудованием, изолирующие экранирующие покрытия или барьеры устанавливаются между оператором и линейным компонентом для восполнения недостаточности воздушного зазора. Этот подход часто называют изолированным обособлением. Среди инструментов для выполнения работ под напряжением защитные покрытия не являются основным изолирующими устройствами. Оно лишь изолирует или изолирует только, когда происходит внезапный контакт компонента линии с техником, работающим под напряжением (т.е. разрывной контакт). Изолирующие экранирующие покрытия относят к основным мерам защиты при работе на распределительных сетях среднего и низкого напряжения. Как показывает практика, внедрение правильно организованных экранирующих мер и квалифицированных средств защиты позволяет избежать инцидентов с потерей рабочего времени при поражении электрическим током и играет основную функцию защиты при выполнении работ на распределительных линиях под напряжением.

Исходя из целей экранирования, защитные покрытия можно классифицировать как жесткие, мягкие или формоизменяющие. В соответствии с различными целями применения, защитные покрытия можно классифицировать как экранирующие покрытия для проводов (изолирующие кабельканалы), экранирующие покрытия для натяжных устройств, экранирующие покрытия для изоляторов, экранирующие покрытия для опор, экранирующие покрытия для манжет, экранирующие покрытия для откидывающие предохранителей, изолирующие обособливающие щиты, изолирующая одежда и специальные экранирующие покрытия. Разные виды изолирующих приспособлений показаны на рис. 4.4.

Экранирующее покрытие должно быть изготовлено из синтетических жестких (или мягких) изолирующих материалов низкой гигроскопичности и малой плотности. Технические свойства

должны соответствовать электротехническим и механическим свойствам, требуемых для определенных температурных условий. Покрывтия должны подлежать электротехническим и механическим испытаниям. Экранирующие покрытия должны иметь гладкую поверхность, по внутренней и наружной стороне не должно быть микроотверстий, трещин на стыках, пузырьков, неустановленных примесей, абразивного износа, видимых следов технологической обработки или других дефектов поверхности. Ими покрывают защищаемые детали и обособляют оператора от прямого соприкосновения с линейными компонентами или компонентами заземления. Как правило, длина не должна превышать 1,5 м. Размер должен быть сведен к минимуму при условии обеспечения требуемых электротехнических свойств. Защищаемая область покрытием должна быть обозначена четкими, заметными несмываемыми метками.

Все экранирующие покрытия, имеющие пазы для соединяя, должны легко монтироваться и соединяться друг с другом, чтобы создать изолирующую экранирующую систему. Наличие зазоров в области, защищаемой этой системой, не допускается, при этом стыки защитного покрытия должны выдерживать то же сопротивление, что и само покрытие.

Экранирующие покрытия должны быть оснащены подъемным кольцом, ушком и крюком, и должны укладываться при помощи изолирующей опорной штанги. Также должны быть оснащены одним или несколькими замками для предотвращения внезапного падения под действием внешней силы. Замки должны обеспечивать легкое закрывание и открывание изолирующей штангой.

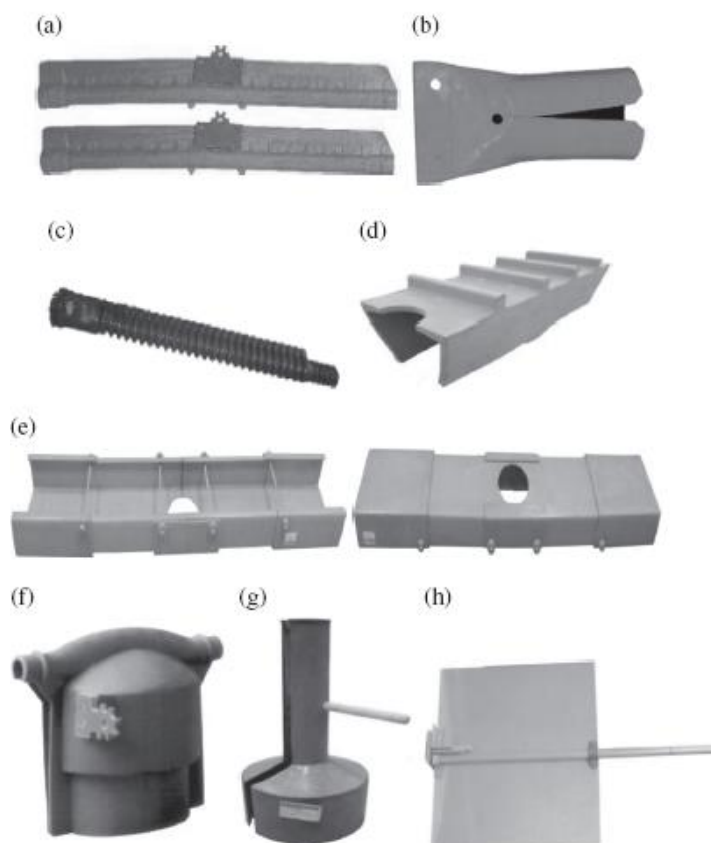


Рис. 4.4 Изолирующие защитные покрытия (а) экранирующие покрытия для проводов, (б) экранирующее покрытие молниеотвода, (с) экранирующее покрытие для манжет, (d) экранирующие покрытия для манжет, (е) экранирующие покрытия для траверс (жесткий материал), (f) экранирующее покрытие для изолятора, (g) экранирующее покрытие для откидывающихся предохранителей, (h) изолирующие обособливающие щиты.

4.2.2 Изолирующее покрытие

Изолирующее покрытие (циновка) изготавливают из резинового и пластикового материала изоляции посредством бесшовного соединения. Существует два основных типа укладки покрытия: на выпуск и по прорезям. Другие типы покрытий могут быть сделаны на заказ под определенные цели. Типовые виды изоляционных покрытий показаны на рис. 4.5.

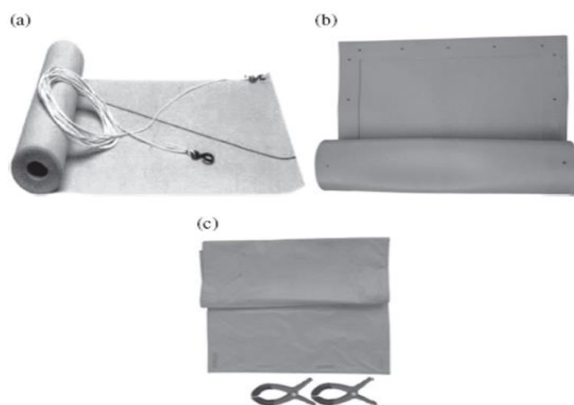


Рис. 4.5 Типовые изолирующие покрытия (а) пакет для покрытия опор; б) изоляционное резиновое покрытие; с) изоляционное покрытие и зажимы для покрытий.

Верхняя и нижняя поверхности изоляционного покрытия (циновки) не должна иметь дефектов, которые могут повредить профиль гладкой поверхности (микроотверстия, трещины, бугорки, зазубрины, включения из электропроводящих инородных материалов, загибы, полости, выступающие и вмятые складки или явно выраженные следы формовки. Общие размеры выправленного изолирующего покрытия (циновки) должны соответствовать требованиям. Для того чтобы измерить толщину и выполнить осмотр покрытия, необходимо выбрать пять случайных точек по всему покрытию для выполнения замеров.

4.2.3 Изолирующие средства защиты

К изолирующим средствам защиты относятся: изолирующая одежда, брюки, шлем, перчатки, манжеты для рук и накладки для грудной клетки и спины. Они главным образом изготовлены из таких изоляционных материалов как резина, материалов из сополимер этилена и винилацетата.

1) Изолирующие манжеты для рук

Изолирующие манжеты для рук один самых распространенных типов средств защиты для выполнения работ под напряжением на распределительных линиях. Манжеты изготавливают из изоляционных материалов, они защищают оператора от поражения электрическим током при контакте, см. рис.4.6 (а). Изолирующие манжеты подразделяются на четыре уровня: 0, 1, 2 и 3 по электрическим свойствам и пригодны для систем разных номинальных напряжений.[6] См. таблицу 4.5.

При ежедневном применении, изолирующие манжеты должны регулярно тестироваться и подлежать осмотру. Основные требования:

- 1) Манжета должна быть выполнена без швов. Края манжеты должны быть обшиты неэлектропроводящим материалом (неметаллическим), а диаметр прорезей под руку должен составлять примерно 8 мм.

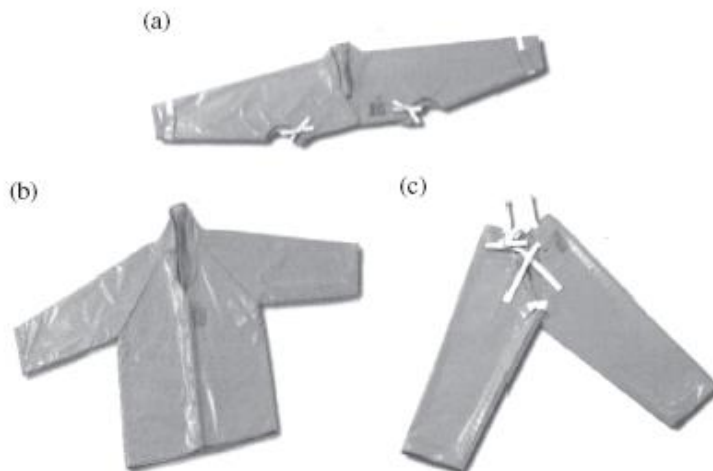


Рис. 4.6 Изолирующая одежда а) изолирующая манжета; б) куртка; в) брюки.

Таблица 4.5 Номинальное напряжение изолирующих манжет

Уровень	АС (эффективное значение) (кВ)	Уровень	АС (эффективное значение) (кВ)
0	0,38	2	10
1	3	3	20

2) Внутренние и внешние поверхности манжеты не должны иметь дефектов, которые могут повредить профиль гладкой поверхности (микроотверстия, трещины, бугорки, складки или полости).

2) Изолирующая одежда

Изолирующая одежда должна не только обладать высокой электрической прочностью изоляции, но также хорошим сопротивлением к влажности и быть мягкой, позволяя операторам выполнять работы беспрепятственно и без стеснения. В настоящее время для работ на распределительных сетях под напряжением используются два типа изолирующей одежды. Один из них - комбинированный: манжеты для рук, накладки для грудной клетки и спины; другой - полный комплект изолирующей одежды: куртка и брюки.[7][10], см. рис.4.6 (b) и (c).

Изолирующая одежда - это средства индивидуальной защиты, выполненные из материалов для изоляции и используемые для защиты операторов от поражения электрическим током при производстве работ под напряжением, в случае соприкосновения с проводами и электрооборудованием. В соответствии с требованиями к технологии изготовления и формовочных нормативов поверхность изолирующей одежды должна быть ровной, однородной, гладкой, не должна иметь каких-либо микроотверстий, бугорков, инородных вкраплений, складок или полостей. Одежда должна быть выполнена методом бесшовного соединения.

Оператор, который носит полный набор изолирующей одежды, как правило, надевает ее для выполнения двух методов работы на распределительной линии.

1) Оператор, который использует полный комплект изоляционной одежды, непосредственно соприкасается с компонентами под напряжением через диэлектрические перчатки. В этом случае изолирующая одежда служит изоляционной защитой для оператора в отношении компонентов под напряжением. Одежда помогает выполнять работы при небольшом безопасном расстоянии на распределительной линии. Однако, учитывая невысокий запас прочности изолирующего средства в отношении выдерживаемого напряжения, а также износ при использовании, такое средство служит только для вспомогательной изоляции, вместо основной во время контактной работы, - когда изоляция на землю переносится на изолирующие звенья или изолирующую платформу подъемного устройства с изолирующими звеньями; изоляционная защита между фазами организуется изолирующим экранирующим покрытием.

2) Оператор выполняет бесконтактную работу изолированными инструментами, которые в этом случае являются основной изоляцией, при этом изолирующая одежда и перчатки служат резервной защитой техника в целях индивидуальной защиты.

3) Диэлектрические перчатки и диэлектрическая обувь.

Диэлектрические перчатки - это специальные перчатки, обеспечивающие электроизоляцию во время выполнения работ под напряжением и изготавливаются из синтетического или натурального каучука. Перчатки пятипалые. Они отличаются от защитных перчаток, используемых как средства индивидуальной защиты; диэлектрические перчатки должны обладать хорошими изолирующими и высокими механическими свойствами, должны быть мягкими и удобными.

Диэлектрические перчатки позволяют защитить руки оператора от токоведущих частей и от удара электрическим током, изолируя от прямого прикосновения к компонентам под напряжением разных потенциалов. Диэлектрические перчатки подразделяются на перчатки 1, 2 и 3 типа по классу напряжения. Перчатки 1 типа пригодны для работы с распределительным оборудованием мощностью 3 кВ и ниже; перчатки 2 типа пригодны работы с распределительным оборудованием мощностью 6 кВ и ниже; перчатки 3 типа пригодны работы с распределительным оборудованием мощностью 10 кВ и ниже.

Диэлектрические перчатки должны иметь гладкую поверхность, изнутри и снаружи не должны содержать каких-либо микроотверстий, дефектов, трещин, вкраплений, надрезов, следов зажимов или любых других явных изъянов, складок и следов смятия. Не допускаются брызги красителя.

Диэлектрическая обувь изготавливается из материалов изоляции. Обувь классифицируют по промышленной частоте: диэлектрическая обувь на 3-10 кВ, и ниже 0,4 кВ – это диэлектрическая обувь, которую классифицируют по напряжению сети, а также по материалу: диэлектрическая обувь из ткани, кожи и резины. Резиновую обувь используют для работ под напряжением на линиях среднего напряжения, тогда как обувь из ткани, кожи, или диэлектрическая обувь – для работ на распределительных сетях среднего напряжения. Диэлектрическая обувь обеспечивают изоляцию оператору в отношении земли. Во время работ на линиях высокого напряжения, диэлектрическая обувь служит в качестве вспомогательного средства защиты для поддержания изоляции к земле. Во время выполнения работ на сетях низкого напряжения, диэлектрическая обувь используется как основные средства защиты от скачков напряжения. Диэлектрические перчатки и обувь см на рис. 4.7.



Рис. 4.7 Диэлектрические перчатки и обувь: (a) внутренние перчатки; (b) наружные перчатки; (c) боты.

Применение и хранение диэлектрических перчаток и обуви выполняется согласно нижеприведенным инструкциям.

1) Перед каждым использованием диэлектрических перчаток и бот выполняйте осмотр на предмет повреждений, износа, герметичности или наличия царапин. Воспрещается использование в случае обнаружения отверстий или при нарушении герметичности. При выполнении проверки диэлектрических перчаток прокрутите их направлением к пальцам. Прокручивая до определенного момента, пальцы перчаток будут надуваться по мере уменьшения объема воздуха и нагнетания давления в них. Если нет утечки воздуха, то перчатки в надлежащем состоянии.

2) Под диэлектрические перчатки на руки надевают пару перчаток из хлопка. Внутренние перчатки предотвращают дискомфорт, когда во время работы руки потеют, а также согревают руки зимой. Рукава куртки заправляют в удлиненные манжеты перчаток.

3) После каждого применения перчатки следует очистить и просушить, и лучше обсыпать порошком талька во избежание прилипания.

4) Храните диэлектрические перчатки и обувь в сухом и прохладном месте, размещая их в держателе для пальцев верхней частью вниз или в специально отведенных ящиках. Отделите диэлектрические перчатки и обувь от других инструментов и не складывайте на них какие-либо предметы.

5) Не подвергайте диэлектрические перчатки и обувь воздействию нефтяного масла. Не помещайте их вместе с поврежденными перчатками и ботами, чтобы не перепутать для работ.

6) Не используйте диэлектрические боты, как ботинки для дождя или в качестве другой обуви.

4) Диэлектрическая защитная каска

Диэлектрическая защитная каска изготовлена из материалов для изоляции, таких как высокопрочный пластик или стеклопластик. По внешнему виду схожа с обычной каской. В дополнении к защите на рабочей площадке персонала от падения на голову посторонних предметов, защитная каска ограждает голову от соприкосновения с оборудованием. Поэтому, она должна быть легкой, иметь хорошее сопротивление к механическому удару, быть огнеупорной и обладать сильными свойствами электрозащиты. Во время осмотра внутренняя и внешняя поверхность каски должна быть в надлежащем состоянии без царапин, трещин или отверстий. Размер должен соответствовать применимым стандартам

4.3 Другие рабочие инструменты

4.3.1 Натяжные устройства

Являясь обычным инструментом для работ на распределительных линиях, натяжитель в основном используется для затягивания проводов и стальных многожильных проводов. Натяжители бывают различных типов, которые возможно сочетать по-разному по мере необходимости. Наконечник держателя натяжных устройств может иметь такие типы как втулка («косточка»), пластинчатый («кузнечик») или «сеточка». Тип «сеточка» используют для изолирующих жгутов. Как показано на рис. 4.8(a) и (b), натяжные компоненты в основном представляют собой застегивающиеся механизмы (усилие можно уменьшить на 50%, если натяжитель оснащен передвижным блоком), натяжители с двумя крючками, полиспасты и гидравлические натяжители, тип натяжителя с двумя крючками показан на рис. 4.8(c).



Рис. 4.8 Натяжитель (a) «косточка»; (b) «кузнечик», (c) натяжитель с двумя крючками.

4.3.2 Рычажная таль с изолирующей лентой

Изолирующая лента и рычаг выполнены из материалов изоляции. По своей форме рычажная таль с изолирующей лентой схожа с канатной талью. Деталь, отвечающая за натяжение, представляет собой, в основном, натяжитель с храповым механизмом, который выдерживает нагрузку 1,5 т и 3 т. Изолирующая лента имеет размеры 1,5, 3 и 4 м, как показано на рисунке 4.9. Преимущества рычажной тали с изолирующей лентой заключаются в характеристиках изоляции, компактной и легкой конструкции, удобстве переноски, легком натяжении ручным способом и в высоком сопротивлении к растяжению. Для получения линейного тягового усилия в соответствии с нагрузкой рычаг приводится в действие вручную. Линейное тяговое усилие создается в зажиме, вставленном в подъемный блок, путем вращения для приведения в действие нагрузки. Рычажная таль предназначена для вытягивания, натяжения и подъема грузов при работе под напряжением.

Необходимо соблюдать следующие требования техники безопасности при использовании рычажной тали с изоляционной лентой.

- 1) Допустимое расстояние для изолированной ленты должно соответствовать требованиям разных классов напряжения.
- 2) При использовании рычажной тали вес поднимаемого груза не должен превышать допустимую нагрузку и должен соответствовать указанному весу.
- 3) Во время использования ручного рычага не следует произвольно удлинять его. Поскольку грузоподъемность рычага ограничена, также, как и тяговое усилие, использование более длинного ручного рычага может привести к перегрузу рычажной тали и повреждению деталей.
- 4) Изоляционную ленту необходимо проверять на наличие износа, скручивание и обрыв (проводов или жил). Любая изолирующая лента, которая не соответствует требованиям безопасности, должна быть заменена.

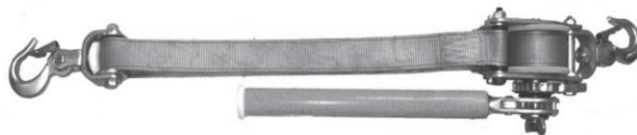


Рис. 4.9 Рычажная таль с изолирующей лентой

4.3.3 Контрольно-измерительные приборы

1) Токоизмерительные клещи

Токоизмерительные клещи состоят из одновиткового трансформатора с одноходовой обмоткой и магнитоэлектрического амперметра (с выпрямителем внутри). Трансформатор тока выполнен в виде зажима, который можно открыть. При измерении тока держите ключ крепко и откройте подвижный железный сердечник в губках, чтобы закрепить провод с током, подлежащий испытанию. Ослабьте гаечный ключ, чтобы закрыть губки. Затем прочтите значение измеренного тока. Токоизмерительные клещи классифицируются как цифровые амперметры и амперметры со стрелочной головкой.

Токоизмерительные клещи просты и удобны в использовании, подходят для измерения тока в случаях, когда сложно отсоединить провод или невозможно прекратить подачу электроэнергии. Таким образом, в настоящее время токоизмерительные клещи часто используются для измерения тока. Поскольку такого рода прибор измеряет ток под напряжением, стандартные токоизмерительные клещи не следует использовать для измерения высокого напряжения. При использовании токоизмерительных клещей необходимо использовать диэлектрические перчатки и запрещается контактировать с другим оборудованием с целью предотвращения возникновения короткого замыкания или заземления. Перед измерением тока в неизолированных проводах, таких как низковольтные шины, смежные фазы должны быть отделены изоляционными материалами, чтобы предотвратить раскрытие губок тисков и контактирование со смежными проводами, что приведет к междофазному короткому замыканию. Для обеспечения точности измерений должен быть обеспечен надежный контакт с линейным проводом. В случае невозможности прогнозирования значений измеряемого, необходимо отрегулировать диапазон измерений амперметра до максимальных значений для предотвращения повреждения амперметра. Затем соответствующее максимальное значение выбирается в соответствии с показаниями прибора. При изучении измеренного значения важно соблюдать безопасное расстояние между головкой и токоведущей частью. Каждый раз при завершении измерений, диапазон значений должен быть на самом высоком уровне, чтобы избежать какого-либо повреждения амперметра из-за невозможности настроить диапазон по причине неосторожности. Обычные измерительные клещи показаны на рисунке 4.10 (а).

Изолированные токоизмерительные клещи может передавать данные испытаний через инфракрасный луч, что позволяет полностью изолировать трансформатор тока от рукоятки. Расстояние между ними составляет 60 см, как показано на рисунке 4.10 (б). Изолированные токоизмерительные клещи используются для измерения тока при работе распределительной линии под напряжением.

2) Измеритель сопротивления изоляции

Измеритель сопротивления изоляции, изображенный на рисунке 4.11, также известен как мегаомметр. Как правило, он состоит из генератора постоянного тока с ручным приводом, магнитоэлектрического логометра и клеммы. Он обычно используется для измерения сопротивления изоляции электрооборудования (например, трансформатора, двигателя и т.д.) и электрической сети (например, воздушных линий, кабелей). Далее описан способ применения данного прибора.

1) Выбор измерителя сопротивления изоляции зависит от класса напряжения оборудования или измеряемой линии. Если для измерения сопротивления низковольтного оборудования используется измеритель сопротивления изоляции высокого напряжения, это может привести к повреждению изоляции измеряемого оборудования.

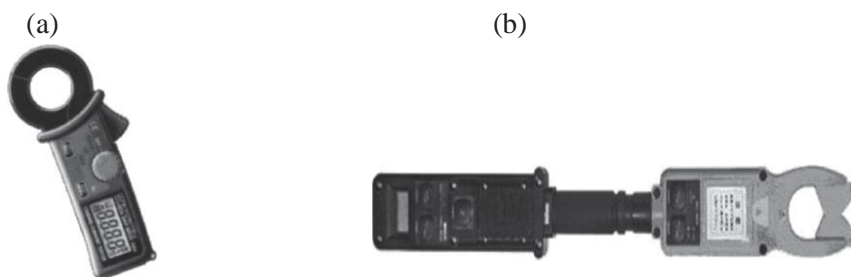


Рис. 4.10 Цифровой измеритель сопротивления изоляции. (а) стандартный; (b) с изоляцией.



Рис. 4.11 Измеритель сопротивления изоляции

Если измеритель сопротивления изоляции низкого напряжения используется для измерения сопротивления изоляции оборудования высокого напряжения, то это может привести к большим ошибкам в результатах измерения. Существует 4 класса напряжения часто используемых измерителей сопротивления изоляции, в частности, 500 В, 1000 В, 2 500 В и 5 000 В соответственно. Для оборудования и электрических линий с номинальным напряжением 220/380 В обычно используется измеритель сопротивления изоляции 500 для измерения сопротивления изоляции. Для оборудования и линий с номинальным напряжением 500 В и выше используется измеритель сопротивления изоляции 1 000 В или 2 500 В.

2) Перед измерением необходимо проверить измеритель сопротивления на исправность. Во время проверки измеритель сопротивления изоляции должен быть в горизонтальном положении. Позвольте, чтобы клемма измерителя сопротивления была в разомкнутой цепи, и поверните ручку. Если существует хорошее соединение, указатель должен быть на отметке «∞» шкалы. Затем замкните клемму и слегка поверните ручку. В это время указатель должен указывать на отметку «0» на шкале.

3) Соединение измерителя сопротивления изоляции должно быть корректным. На измерителе сопротивления изоляции имеются три клеммы. Клемма L (имеется в виду линия) и клемма E (имеется в виду заземление) подключаются к измеряемому оборудованию или линии. Клемма G является экранирующей клеммой, которая выполняет эффект экранирования при измерении кабелей или измерении сопротивления изоляции оборудования в условиях влажного климата. Например, для измерения сопротивления заземления на землю клемма L подключается к линейному проводу, а клемма E подключается к заземляющему проводу. Чтобы измерить сопротивление стороны высокого напряжения относительно стороны низкого напряжения трансформатора, клемма G должна быть подключена к корпусу трансформатора для получения

точных результатов.

При использовании измерителя сопротивления изоляции установите измеритель в горизонтальное положение и вращайте рукоятку с ускорением, пока скорость вращения не достигнет 120 рад/мин. Когда указатель находится в одном положении, считайте значение сопротивления изоляции. При вращении ручки, если указатель стоит на отметке «0», не вращайте ручку для предотвращения протекания тока большой силы через катушку на протяжении долгого времени и сгорания счетчика. После измерения не устанавливайте контакт между оборудованием, подвергнутым испытанию, с другими любыми деталями корпуса, если только измеритель сопротивления изоляции не прекратит вращаться и оборудование не производит электричество.

4) Провод, соединяющий измеритель сопротивления изоляции с тестируемым оборудованием, должен быть проводом с однорядными обмотками, которые по отдельности соединены с изоляцией. Двухжильные изолированные провода не должны использоваться как таковые, во избежание любых ошибок в измерении, вызванных плохой изоляцией.

5) Измеритель сопротивления изоляции не следует использовать для измерения оборудования под напряжением. Перед измерением необходимо отключить питание оборудования, подлежащего испытанию, и разрядить электричество, чтобы обеспечить безопасность персонала и оборудования. Кроме того, необходимо очистить поверхность оборудования во избежание любой ошибки при измерении, вызванной утечкой тока.

6) При использовании измерителя сопротивления изоляции для проверки любого прибора, работающего под напряжением (ширина электрода: 2 см, расстояние между электродами: 2 см), необходимо использовать чистые и сухие перчатки.

3) Прибор для обнаружения токов утечки с изолированной ручной штангой

Прибор для обнаружения токов утечки с изолированной ручной штангой в настоящее время используется для определения тока поверхностной утечки, которое может произойти в изолированной ручной штанге, для того, чтобы определить отвечает ли установленным требованиям изоляционная способность изолированной ручной штанги, как показано на рисунке 4.12. Данный прибор можно легко переносить и использовать для проведения испытаний в сухом или мокром состоянии на изолированной штанге или ручной штанге, когда и где это возможно.

Методы проведения испытаний и меры предосторожности указаны следующим образом.

1) Детектор используется только для обнаружения изолированных ручных штанг и не подходит для другого оборудования.

2) Во время проведения испытаний детектор сообщает о нахождении любого вида провода, обнаруживая его электроды. Не прикасайтесь к электродам рукой или проводом. Не размещайте детектор на поверхности провода под напряжением. Если оператор кладет руку на заднюю сторону детектора, то показания увеличиваются.

3)



Рис. 4.12 Прибор для обнаружения токов утечки изолированной ручной штангой (включая щуп)

3) Перед проведением испытаний проверьте режим работы детектора.

Вставьте испытательный стержень в детектор. При проведении испытания в сухом состоянии указатель должен показывать максимальное значение; при проведении испытания в мокром состоянии указатель должен указывать на 1/8-1/4 значения шкалы, что соответствует показателям нормального режима работы детектора.

4) Этапы испытания.

i) Проведите испытание образца по всей длине. Начните испытание с любого участка образца. Испытательный стержень должен быть помещен в токонепроводящую опору. Подсоедините электроды к обоим концам образца.

ii) Подключите детектор к источнику переменного тока. Установите переключатель питания в положение «Вкл.». Нажмите кнопку «Сброс». Кнопка автоматически вернется в положение «ВКЛ.». Поворачивайте кнопку «Ноль» до тех пор, пока указатель не будет на отметке «ноль».

iii) При необходимости нажмите кнопку «Испытание в сухом состоянии» или «Испытание в мокром состоянии», при необходимости. Запишите показания значений тока поверхностной утечки в микроамперах, отображенные на детекторе.

iv) После проверки всех участков стержня поверните образец на 180° и проверьте его снова, чтобы убедиться в точности показаний. Если детектор обнаружит ток перегрузки, он отключит источник высокого напряжения и загорится индикатор перегрузки. В это время выключите питание и нажмите на кнопку «Сброс» через 2 секунды. Детектор автоматически вернется в положение «ВКЛ.»

v) Перед проведением испытания в мокром состоянии, распыляйте дистиллированную воду равномерно по поверхности всего образца до тех пор, пока с нижней поверхности не начнет капать вода. Во время испытания в мокром состоянии не двигайте испытательный стержень вдоль образца, чтобы избежать чрезмерно высоких показаний из-за трения капель воды.

4) Датчик температуры и влажности

Датчик температуры и влажности определяет и проверяет температуру и влажность в рабочей среде под напряжением на соответствие нормам. Как показано на рисунке 4.13, поместите сенсорный датчик в среду, подвергаемую испытаниям, и измерьте температуру. Во время измерения нажмите кнопку «°C» или «°F», чтобы установить единицу измерения температуры. Нажмите на кнопку «Блокировка» для блокировки показаний, и нажмите снова для разблокирования.



Рис. 4.13 Датчик температуры и влажности MS6503

4.4 Изготовление рабочих инструментов

Изготовители оборудования для работ под напряжением, обычно создают простые и практичные инструменты, в соответствии с требованиями для эксплуатации в рабочих условиях и их собственными характеристиками, такие как изолирующие ручные штанги, изолирующие экраны и изоляционные барьеры. Инструменты для работ под напряжением, должны быть изготовлены в соответствии с *Техническими требованиями и Руководством по проектированию инструментов для работ под напряжением* (GB/T 18037), содержащими требования к выбору материала, проектированию, изготовлению, моделирующее сверление, оценке и проведению приемочных испытаний, а также практическому применению.

4.4.1 Выбор материала

При изготовлении инструментов для работ под напряжением, в качестве основных материалов обычно используются армированные стекловолокном композиционные материалы на основе эпоксидной смолы, а также силиконовая резина, пластик и готовые изделия из резины и пластика в качестве дополнительных материалов. Производимые материалы должны соответствовать требованиям по сохранению диэлектрических свойств и физических свойств. Основные диэлектрические свойства включают Параллельное удельное сопротивление, сопротивление пробоям и тангенс угла диэлектрических потерь. Основные физические свойства включают объемное сопротивление, поверхностное сопротивление, сопротивление изоляции параллельного слоя, электрическую прочность изоляции и тангенс угла диэлектрических потерь. Большинство физических свойств включают водопоглощение, плотность и прочность материалов на разрыв (изгиб, удар, сдвигающее усилие, прессование). Обратитесь к соответствующим техническим стандартам, в которых описаны конкретные диэлектрические и физические свойства. Выбор материала должен соответствовать основным принципам, приведенным ниже

- 1) Изоляционные материалы, используемые для переносных инструментов, должны иметь хорошие характеристики присоединения материалов и продольной механической обработки. Слоистые изоляционные материалы, используемые для изготовления переносных инструментов, должны иметь высокую поперечную и продольную прочность на растяжение, но продольная прочность должна быть выше, чем поперечная прочность, поэтому соотношение между ними можно контролировать в пределах 1,5:1. Для изготовления изоляционных опорных деталей должны использоваться композиционные материалы на основе эпоксидной смолы, которые имеют волокна в продольном направлении и изготавливаются путем формования, ламинирования, прокатки и вытягивания. Категорически запрещается использование доски из твердого пластика и другие материалы из чистой синтетической смолы, не армированные волокном.
- 2) Что касается изоляционных материалов, использованных для изготовления переносных инструментов, с учетом горизонтальной нагрузки должны быть использованы материалы с высокой прочностью при сжатии и на разрыв, тогда как детали, несущие вертикальную нагрузку должны быть изготовлены из материалов с высокой прочной при изгибе. Строго запрещается использование изоляционные материалы без волокна для изготовления переносных инструментов. Как правило, используются слоистые листы из эпоксидной смолы и стеклоткани, прямоугольные трубы и другие формованные материалы специальной формы.
- 3) Изоляционные материалы, используемые для изготовления жестких изоляционных экранов, обычно изготавливаются из слоистых листов из эпоксидной смолы и стеклоткани, прессованных пластин из стекловолокна. Защитные устройства с мягкой изоляцией обычно изготавливаются из литых деталей или резины с хорошими теплоизоляционными свойствами, устойчивостью к старению и отсутствием хрупкости. Приборы с нестандартным покрытием, используемые для упаковки оборудования для работы под напряжением, могут быть изготовлены из полиэтилена, ПВХ или полипропилена, из мягких пластиковых пластин и пластиковых пленок.

4) Все детали (кроме мелких деталей, таких как штыри) изолирующей штанги должны быть изготовлены из изоляционного материала. Для изготовления длинных ручных штанг можно использовать полые трубки из армированной стекловолокном эпоксидной смолы, а трубки заполнены должны быть неравного диаметра, которые соединены подобно башне, в то время как короткие штанги могут быть изготовлены из круглых трубок одинакового диаметра.

Соединитель и вилки изоляционной ручной штанги следует использовать как можно дальше в качестве изоляционного материала (в качестве стержня из стеклоткани с эпоксидной смолой). Как правило, металлы пригодны для использования, и при выборе материала следует учитывать износостойкость и коррозионную стойкость.

4.4.2 Параметры проектирования, технологии и процессы изготовления

1) Разработка механической конструкции

Механическая конструкция инструментов для работы под напряжением, обычно основана на сочетании метеорологических условий метеорологической зоны, минимальной температуры и максимальной скорости ветра для определения номинальной расчетной нагрузки, и допустимого напряжения.

1) Номинальная расчетная нагрузка натяжителя обычно определяется механической характеристикой кривой проводов. Номинальная нагрузка P_s типового натяжителя рассчитывается по формуле (4.1) и округляется до целого числа.

$$P_s = 1,1nS \sigma_d \quad (4.1)$$

где, P_s – номинальная расчетная нагрузка натяжителя, Н;

n – количество проводов на натяжитель;

S – площадь поперечного сечения провода (мм²);

σ_d – натяжение в проводе, Н/мм².

2) Номинальная расчетная нагрузка переносного инструмента (переносится человеком). Номинальная расчетная нагрузка Q_{rs} рассчитывается по формуле (4.2) и округляется до целого числа.

$$Q_{rs} = K_c Q_r = K_c (G_1 + G_2) \quad n \quad (4.2)$$

где Q_{rs} – номинальная расчетная нагрузка переносного инструмента (переносится человеком), Н;

K_c – коэффициент воздействия переносного инструмента (переносится человеком); 1,6–2,0 для подъема в вертикальном положении, 1,5 для подъема в горизонтальном положении и 2,5 для подъема двигателя;

Q_r – нагрузка на инструмент, управляемый человеком, Н;

G_1 – вес человека, Н, рассчитан 700 Н;

G_2 – вес инструмента в сборе, которым управляет человек, держа инструмент в руках, Н, рассчитан 150 Н;

n – количество человек, которым разрешено управлять (переносить) инструментом.

3) Номинальная нагрузка на приспособления и зажимы для переносного инструмента может быть основана на значениях, указанных в подразделах 1) и 2). Номинальная расчетная нагрузка на зажимные механизмы и зажимы для переносного инструмента может быть основана на значениях в вышеприведенных подразделах 1) и 2). Номинальная расчетная нагрузка прицепного оборудования для переносного инструмента должна в 1,2 раза превышать значения в вышеприведенных подразделах 1) и 2). Номинальные расчетные нагрузки другого прицепного оборудования, приспособлений и зажимов могут быть определены в соответствии с серийными нормами номинальной нагрузки соответствующих инструментов.

4) Ручные рабочие инструменты.

i) Номинальная ударная нагрузка может быть определена на основе соответствующего опыта, например, 1000 Н·см для вытягивания шплинтов и 500 Н·см для ударных инструментов.

ii) Номинальная нагрузка на кручение может быть определена на основе соответствующего опыта, с учетом того что 1000 Н·см для установки и удаления гаек, 300 Н·см для скручивания

проволочных узлов, 300 Н·см для удаления пружинных штифтов (поворотного типа), и 2500 Н·см для вытягивания винтовых переходников. Номинальная сила захвата для удержания инструментов (зажимов) рукой составляет 1000 Н·см.

5) Допустимое напряжение. В соответствии с удлинением δ материалы с $\delta \leq 5\%$ являются хрупкими материалами, а материалы с $\delta > 5\%$ являются пластичными материалами. Стекловолокно и композитные материалы на основе эпоксидной смолы, часто используемые при работе под напряжением, обычно считаются хрупкими материалами, в то время как изоляционные жгуты и пластиковые пленки являются пластиковыми материалами.

i. Для пластиковых материалов предел мощности σ_s (или условный предел мощности $\sigma_{0.2}$) используется как предельное напряжение для расчета допустимого напряжения

$$\sigma = \sigma_s / n_s \quad (4.3)$$

где σ – допустимое напряжение, Н/мм²;
 σ_s – предел мощности, Н/мм²;
 n_s – коэффициент прочности пластикового материала

1,5–2,2 для вращающихся и кованных деталей

1,8–2,5 для деталей, отлитых из стали. Когда компонент несет динамическую нагрузку или ударную нагрузку, n_s должен быть в 1,15–1,5 больше.

ii. Для хрупких материалов сопротивление статическому разрыву при растяжении σ_b используется в качестве предельного напряжения для расчета допустимого напряжения

$$\sigma = \sigma_b / n_c \quad (4.4)$$

где σ – допустимое напряжение, Н/мм²;
 σ_b – сопротивление статическому разрыву при растяжении, Н/мм²;
 n_c – коэффициент безопасности хрупкого материала, как правило, в диапазоне 2,0–

3,5.

Когда компонент несет динамическую нагрузку или ударную нагрузку, n_c должен быть в 1,5–2,0 раза больше.

iii. Поскольку изолированный канат имеет большее удлинение, коэффициент безопасности обычно равен $n = 4$ –5. Номинальное сопротивление статическому разрыву каната используется как предельное напряжение для расчета допустимого напряжения.

2) Электрическая конструкция

Для изолированных защитных устройств, в конструкции которых используются изолирующие гильзы и пластины в качестве основной изоляции, уровень изоляции и напряжение разрушающего пробоя изолирующих деталей, которые непосредственно контактируют с токоведущими деталями, должны соответствовать требованиям электрической прочности. Соответствующие полезные изолирующие расстояния, а также поперечные сечения и технические характеристики токонесущих инструментов рассчитаны в соответствии с назначением инструмента. Электрические испытания на прочность изоляции и испытания соответствующих рабочих расстояний инструментов для работы под напряжением выполняются в стандартных метеорологических условиях. Что касается других метеорологических условий, данные испытаний следует корректировать в соответствии со стандартом «Координация изоляции оборудования высокого напряжения для передачи и преобразования электроэнергии (МЭК 60071).

3) Требования к технологии и конструкции

Для создания инструментов для работы под напряжением необходимо учитывать универсальность и портативность, чтобы следовать принципу создания «универсального инструмента». Инструменты для агрегатов или комбинированные инструменты являются легкими по весу, просты в установке и использовании.

1) Инструменты с одинаковыми функциями, но с разными продольными размерами, должны быть разработаны таким образом, чтобы они были как можно более модульными

комбинированными инструментами, а количество инструментов в комбинации может быть отрегулировано для различных способов применений инструмента. Инструменты с аналогичными функциями должны быть как можно более универсальными.

2) Для инструмента с длинным продольным размером и широким горизонтальным размером должна быть по возможности предусмотрена складчатая конструкция, чтобы облегчить сборку, транспортировку и хранение инструмента без какого-либо увеличения рабочей нагрузки при сборке и разборке.

3) Металлические детали рабочих инструментов для работы под напряжением должны быть изготовлены из легких сплавов (таких как сверхтвердый алюминиевый сплав), насколько это возможно, при условии соблюдения механической прочности.

4) Для соединения различных универсальных инструментов должны использоваться стандартные соединения, отличающиеся хорошей стойкостью к истиранию, небольшими соединительными швами, быстрым соединением и отсоединением, а также повышенной степенью взаимозаменяемости.

5) Длина рабочего инструмента должна быть удобной, чтобы рабочий мог свободно переносить и ходить с инструментом. Продольная длина инструмента после обычной разборки не должна превышать 1,8 м, если инструмент переносится одним человеком, и не должна превышать 2,5 м, если его переносят два человека (перевозится в универсальном вагоне). Общая длина электротехнического инструмента должна соответствовать соответствующим требованиям. Вес обычного инструмента после обычной разборки не должен превышать 10 кг, если его использует и устанавливает один человек, и не должен превышать 15 кг, если его используют и устанавливают два человека.

6) Обработка поверхности. Инструменты окрашиваются (покраска и распыление), хромируются и полируются, оцинковываются или герметизируются силиконовой резиной в соответствии с функциональными требованиями инструментов.

4) Вспомогательные принадлежности для переноски инструментов

Для изоляционных инструментов, инструментов из легких сплавов и оборудования с движущимися частями необходимо разработать переносные сумки для инструментов (наборов), которые подходят для инструментов.

5) Обработка инструментов

После проектирования осуществляется обработка рабочих инструментов для работы под напряжением. Технологии и процессы в основном основаны на проектной документации, далее после изготовления инструментов проводятся соответствующие электрические и механические испытания. Только квалифицированные инструменты могут быть переданы для проведения испытания.

4.4.3. Имитационное вводное обучение и практическое применение

При настройке инструментов для работы под напряжением, необходимо подготовить имитационные упражнения и планы испытаний, а также выполнить имитационные упражнения.

1) Имитационные вводные упражнения

Имитационные упражнения выполняются в соответствии с принципом, согласно которому осуществляется проверка стандартов и руководств. Они обычно проводятся рабочей группой для выполнения работ под напряжением в аналоговых цепях. Имитационные упражнения должны проводиться многократно, а записи должны быть хорошо выполнены следующим образом:

- 1) Во время обучения возникли небезопасные ситуации (создаются ли новые точки опасности).
- 2) Все проблемы с инструментами во время выполнения упражнений.
- 3) Подходят ли рабочие инструменты и необходимы ли улучшения.
- 4) Опасные точки во время выполнения упражнений и необходимые меры безопасности.

2) Оценка и приемка

Перед вводом в эксплуатацию самодельных инструментов для работы под напряжением необходимо заполнить акт об оценке технического состояния оборудования и представить его на рассмотрение в отдел технологии производства и обеспечения безопасности. Эти инструменты могут использоваться после утверждения отчета лицом, ответственным за производство (главным инженером или лицом, ответственным за производственную технологию). Следующие документы

для технической оценки должны быть приложены к отчету.

- 1) Краткий обзор приемочных испытаний самодельных инструментов.
- 2) Разработка и изготовление проектной документации, сборочные чертежи самодельных инструментов.
- 3) Технический паспорт (протоколы и заключения о механических и электрических характеристиках) для самодельных инструментов.
- 4) Завершение имитационных упражнений для испытаний самодельных инструментов.
- 5) Инструкция по эксплуатации и технические меры безопасности для инструментов.

3) Практическое применение

Самодельные инструменты не могут быть подвергнуты испытанию, если они не прошли оценку и приемку. Во время пробной практики необходимо усилить учет использования, отслеживания и мониторинга на местах, а также выявить связанные с доступностью или другие существующие проблемы, чтобы выдвинуть соответствующие меры по улучшению и противодействию. После успешной проверки инструментов лицо, ответственное за работу под нагрузкой, может предложить перенести инструменты в разряд регулярно используемых инструментов.

4.5 Применение и оперативное управление рабочими инструментами

Производительность инструментов для работы под напряжением, особенно изолирующих инструментов, имеет важное значение для обеспечения безопасности работников. Таким образом, инструменты для работы под напряжением должны подвергаться полному контролю, начиная от закупа, хранения и использования до утилизации, и должны быть защищены эффективными мерами, обеспечивающими состояние готовности и позволяющими избегать использования дефектных или сломанных инструментов.

4.5.1 Хранение и обслуживание инструментов, используемых для производства работ под напряжением

- 1) Инструменты для производства работ под напряжением должны храниться на специальном складе, тщательно и часто проверяться назначенным персоналом. В складе должна поддерживаться постоянная температура (сухая) и относительная влажность, а также должно быть специальное оборудование для осушения.
- 2) Необходимо вести подробные записи об инструментах для производства работ под напряжением. Каждому инструменту следует присвоить карточку с постоянным номером и поместить в специально отведенное место. Информация в карточках, записи и инструменты должны соответствовать друг другу.
- 3) Должны быть зарегистрированы все склады, в том числе предыдущие склады, в которых хранились рабочие инструменты. После использования инструмент должен быть тщательно проверен на исправность на складе. Если обнаружено какое-либо повреждение, отдел, который пользовался данным инструментом, должен написать объяснительную в письменной форме, по какой причине и как произошло повреждение. Также необходимо своевременно сделать запись в книге о техническом обслуживании и проведении электромеханических испытаний. Поврежденный инструмент нельзя использовать, если он не квалифицирован после проведения испытания.
- 4) Рабочие инструменты для работы под напряжением должны быть упакованы и сложены в соответствующие пакеты (или коробки) в зависимости от их внешних физических характеристик и прочности материала. Электротехнические инструменты должны быть из твердых изоляционных материалов защищены от столкновений и воздействия внешних сил на их поверхности. Электротехнические инструменты из мягких изоляционных материалов должны быть запечатаны в мешки и защищены от сырости. Металлические держатели (включая винтовые стержни) должны быть упакованы в мешки и защищены от ослабления или потери деталей из-за ударов при транспортировке.
- 5) Инструменты, несоответствующие требованиям, которые были удалены, должны храниться на отдельном складе. На них должны быть нанесены снабжаться отметки, указывающие на то, что

данные инструменты запрещено использовать

б) Заявка на использование (или заимствование) рабочих инструментов под напряжением

1) Для оформления заявки на использование (или заимствование) любого рабочего инструмента для производства работ под напряжением необходимо заполнить *Записи о заявке на использование (или заимствование) рабочих инструментов для производства работ в режиме реального времени*.

2) Лицо, которое запрашивает (или заимствует) рабочий инструмент для производства работ под напряжением, должно тщательно проверить номер инструмента, пометку о проведении испытаний, срок службы, а также проверить внешний вид инструмента на предмет повреждений. Кроме того, соединения, штифты и соединительные болты металлических инструментов должны быть проверены на предмет исправности.

3) Лицо, подающее заявку (или заимствующее лицо), должно правильно использовать и осуществлять обслуживание инструментов в соответствии с требованиями обслуживания рабочих инструментов для работ под напряжением.

4) Лицо, являющееся работником склада, на котором хранится инструмент, должно выполнить осмотр внешнего вида инструментов на складе. Если есть какие-либо дефекты, сначала следует провести механические и электрические испытания. Лицо, подающее заявку (или заимствующее лицо), должно сообщить подробности обо всех несоответствиях, обнаруженных при использовании, а кладовщик должен сделать подробные записи и сообщить начальнику и выдвинуть предложения по обработке. Необходимо отремонтировать или протестировать любой сомнительный инструмент, чтобы определить, можно ли его использовать далее. Протестированный инструмент не может храниться на складе, если он не квалифицирован как пригодный для использования.

5) Если какой-либо запрашиваемый (или заимствованный) инструмент не может быть возвращен в назначенное время, лицо, подавшее заявку (или заимствующий сотрудник) должно сообщить владельцу магазина причину и вернуть инструмент на склад сразу же после завершения работ.

4.5.2 Склад инструментов, используемых для производства работ под напряжением и управление инструментальным хозяйством

Рабочие инструменты, используемые для производства работ под напряжением, должны храниться на специальном складе, который должен соответствовать требованиям, предъявляемым к складам с рабочими инструментами для работ под напряжением.

Рабочие инструменты, используемые для производства работ под напряжением, должны храниться на проветриваемом, чистом и сухом складе для централизованного управления. Хранение и охрана должны соответствовать национальным и промышленным стандартам и спецификациям продукции.

Инфракрасные осушающие лампы (или другое сушильное оборудование) должны быть установлены вокруг и на крыше склада, чтобы он оставался сухим внутри. Внутри склада должно быть установлено вентиляционное оборудование и оборудование для удаления пыли, чтобы воздух был свежим и не скапливалась пыль. Кроме того, склад должен быть оборудован сушильным оборудованием (или небольшим сушильным шкафом), используемым для сушки изоляционных инструментов, которые часто используются или заимствуются в течение длительного времени (например, не возвращаются в течение нескольких дней).

Кроме того, в специальном складе должна также поддерживаться постоянная температура в зависимости от температуры наружного воздуха, чтобы предотвратить конденсацию влаги на изоляционных инструментах, которые подвергаются воздействию окружающей среды при внезапном изменении температуры, и защитить инструменты от воздействия влаги. Различные инструменты, хранящиеся на складе, должны располагаться в определенном месте. Изоляционные инструменты должны быть упорядоченно размещены или подвешены на опорах высоко/низко над землей (расположены по назначению инструмента или классу напряжения, снабжены именными бирками) для облегчения вентиляции. Металлические инструменты должны быть аккуратно помещены в специальные шкафы для инструментов (классифицированные по назначению инструмента или расположенные по классу напряжения и с прикрепленными именными бирками).

Каждый склад должен быть оснащен не менее чем двумя датчиками температуры и более чем

двумя датчиками влажности. Относительная влажность воздуха на складе должна быть не более 60%. В местах хранения жестких, мягких изолированных инструментов, инструментов для испытаний и защитного оборудования следует поддерживать соответствующую температуру в диапазоне 5–40°C. В местах, где располагаются изолирующие защитные устройства и изолирующие защитные приспособления для производства работ под напряжением, следует контролировать соответствующую температуру в пределах 10–21°C. Не предъявляются температурные требования к хранению металлических инструментов. Для сравнения разницы между внутренней и наружной температурой, по крайней мере, один температурный датчик должен быть установлен на открытом воздухе для полного набора систем управления складом

1) Основные требования

1) Склад должен быть построен в сухом и хорошо проветриваемом месте с чистой окружающей средой, где предусмотрена удобная транспортировка инструментов и легкий доступ. Если позволяют условия, склад для изолирующих инструментов и склад для металлических инструментов могут быть построены отдельно, и, как правило, не предъявляются какие-либо требования к температуре для склада для

2) Контрольная площадь склада составляет 60–80 м², а контрольная высота не менее 4 м.

3) Дверь и окно склада должны быть закрыты соответствующим образом.

Дверь склада может представлять собой противопожарную дверь, установленную с огнестойким замком. Может быть установлено смотровое окно на расстоянии 1,0–1,2 м от земли. Для оконного стекла следует использовать двойное остекление, а толщина каждого стекла должна быть не менее 8 мм, чтобы обеспечить влагостойкость и противопожарную защиту склада.

4) Отделочные материалы склада не должны содержать пыли, должны быть огнестойкими, теплоизолированными, влагостойкими и не токсичными.

5) Для строительства пола склада должны использоваться влагостойкие, влагостойкие и антистатические материалы и подвергаться водонепроницаемой и влагостойкой обработке.

6) Стены склада должны быть выполнены из влагостойких, влагостойких и антистатических материалов и должны быть водонепроницаемыми, влагостойкими и обработанными молестойкими веществами.

7) Склад должен быть снабжен достаточным количеством противопожарного оборудования, которое должно быть расположено вблизи мест хранения инструментов.

8) Склад должен быть оборудован достаточным количеством осветительных ламп, в которых могут использоваться лампы на решетке, чтобы предотвратить удары или повреждение инструментов при перемещении.

9) Стеллажи для хранения инструментов должны быть изготовлены из коррозионностойких материалов, таких как нержавеющая сталь.

10) Гараж должен быть оснащен подъемным механизмом с изолирующим звеном. Объем хранилища в этом гараже должен быть в 1,5–2,0 раза больше объема устройств, а 0,5–1,0 м должно быть оставлено в верхней части гаража. Для устройства двери гаража может быть использована специальная дверь с теплоизоляцией и противопожарной защитой со способностью электрического дистанционного или ручного управления.

2) Технические условия и возможности

1) Требования к влажности

i) Относительная влажность воздуха на складе должна поддерживаться на уровне 50–70%.

ii) Для обеспечения надежности измерения влажности в каждом помещении склада должны быть установлены два или более датчика влажности.

2) Требования к температуре

i) Инструменты для работы под напряжением и средства защитные должны храниться в разных местах по типу, а для разных зон хранения могут существовать различные требования к температурному режиму.

ii) Температура в местах хранения жестких, мягких электротехнических инструментов, и инструментов для испытаний должна быть в пределах 5–40°C.

Температура в помещении должна быть немного выше, чем температура наружного

воздуха, но разница температур не должна превышать 5°C или ниже 0°C.

iii) Требования к температуре для хранения металлических инструментов не предъявляются.

iv) Для обеспечения надежности измерения температуры в каждом помещении склада должны быть установлены два или более температурных датчика.

3) На складе должно быть установлено оборудование по осушению воздуха.

Производительность сушки зависит от пространственного объема склада и может составлять 0,13–0,2 л/м³ в день. Для участка с относительно высокой влажностью осушение осуществляется на высоком уровне для соответствия требуемой относительной влажности воздуха на складе.

4) Сушильное оборудование и оборудование для обогрева

i. Сушильное и отопительное оборудование должно быть установлено на складе. Можно использовать отопительное оборудование с циркуляцией горячего воздуха, и другое отопительное оборудование также может рассматриваться только в том случае, если может быть гарантирован равномерный обогрев. Мощность обогрева зависит от пространственного объема склада и может составлять 15–30 Вт/м³ в зависимости от фактической температуры окружающей среды.

ii. Оборудование для обогрева должно быть распределено на складе равномерно. Оборудование для обогрева или вентиляционное отверстие должны находиться на расстоянии не менее 50 см от поверхности инструмента, а изолирующая одежда и изолирующие перчатки не должны размещаться в вентиляционном отверстии для горячего воздуха. Оборудование для сушки и обогрева горячим воздухом должно быть установлено на высоте 2,0 м над землей, тогда как низкотемпературные нагреватели без подсветки могут быть установлены на уровне земли. Обогреватели для гаража с подъемным устройством с изолирующим звеном должны быть установлены в верхней части гаража или на высоте звена. Вентиляторы внутри нагревательного оборудования должны быть оснащены устройствами отключения.

5) Выхлопное оборудование для установки на складе

Вытяжные вентиляторы могут быть выбраны в соответствии с расходом вытяжного воздуха 1–2 м³ в час. Потолочные вытяжные вентиляторы должны быть установлены на потолке, а вытяжные вентиляторы осевого типа должны быть установлены на стенах высотой, равной 2/3–4/5 от чистой высоты склада. Выходные отверстия для воздуха должны быть оборудованы жалюзи или окнами из железной проволоки, а входные отверстия для воздуха должны быть оснащены фильтрами для предотвращения попадания на склад птиц, змей, мышей или других мелких животных.

6) Устройство защиты от превышения температуры, детекторы дыма и наружная сигнализация должны быть установлены на складе.

Когда температура на складе превышает предельное значение, защитное устройство должно автоматически отключать источник тепла и активировать наружную сигнализацию. Кроме того, устройство защиты от превышения температуры должно также иметь возможность нормально запускаться в случае отказа системы управления. Когда на складе появляется дым, детекторы дыма и наружная сигнализация должны автоматически подавать сигнал тревоги.

7) Комплексное расположение и подбор складских помещений

Комплексное расположение и подбор оборудования для разувлажнения, сушки и обогрева, а также вентиляции должны соответствовать требованиям к температуре, влажности и контролю.

8) Требования к вентиляционному, разувлажняющему и сушильному оборудованию в гараже с подъемным механизмом с изолированным звеном такие же, как и для склада рабочих инструментов для производства работ под напряжением.

Обогреватель для гаража следует устанавливать сверху или в месте, где удобно сушить звено. Внизу не требуется обогреватель.

3) Требования к устройству измерения и контроля температуры и влажности

1) Функциональные требования

Чтобы температура и влажность среды на складе для инструментов соответствовали требованиям, должна быть предусмотрена система измерения и контроля температуры и влажности, как показано на рисунке 4.14. Система должна иметь такие функции, как измерение и контроль влажности, измерение и контроль температуры, установка температуры и влажности, сигнализация превышения предела и автоматическая запись, отображение, запрос и печать показаний температуры и влажности.

2) Системные компоненты

Система мониторинга, состоящая из датчика, измерительного устройства, панели управления и принадлежностей, в режиме реального времени отслеживает температуру и влажность склада и ведет учет.



Рис. 4.14 Прибор для измерения и контроля температуры и влажности

3) Регулирующие требования и требования к системе управления

i) Система регулирования и контроля влажности и температуры на складе инструментов должна иметь возможность автоматически запускать или останавливать оборудование для нагрева, осушения и вентиляции на основе параметров мониторинга, чтобы осуществлять регулирование и контроль влажности и температуры на складе. Если регулирование и контроль не осуществляются, а температура и влажность на складе превышают указанные значения, система должна быть в состоянии дать сигнал тревоги и отобразить соответствующие значения. Если температура на складе превышает допустимый предел, средства защиты от превышения температуры должны иметь возможность автоматически отключать источник нагрева.

ii) Система управления должна быть оснащена устройством автоматического сброса, чтобы обеспечить безопасность и эффективность работы системы измерения и контроля, и для обеспечения возможности убедиться, что система измерения и контроля может автоматически произвести сброс и возвращается к нормальной работе немедленно, когда она выходит из строя из-за внешнего вмешательства.

iii) Панель управления должна быть оснащена автоматическим переключателем и соответствующим ручным переключателем, чтобы убедиться, что осушительное и отопительное оборудование все еще может работать в случае полного сбоя или проведения обслуживания системы измерения и управления.

4) Технические свойства основных устройств измерения и контроля

Технические характеристики и показатели оборудования, устройств и компонентов на складе должны соответствовать стандартам соответствующего оборудования, устройств и компонентов, чтобы обеспечить стабильную, надежную и безопасную работу системы. Технические характеристики основных компонентов измерения и контроля включают в себя:

i) Индикатор измерения и контроля температуры в диапазоне 5–80°C с точностью до $\pm 1^\circ\text{C}$.

ii) Индикатор измерения и контроля влажности, с относительной влажностью от 20% до 95%, с точностью до $\pm 3\%$.

iii) Индикатор датчика температуры в диапазоне - 50–120°C с точностью до $\pm 0,2^\circ\text{C}$ в пределах от -10–85°C.

iv) Индикатор датчика влажности в диапазоне 0–100% относительной влажности, с точностью до $\pm 1\%$ в пределах 10–95% относительной влажности.

5) Функция хранения

Система измерения и контроля должна быть способна хранить как минимум данные за год о температуре и влажности на складе. Она должна иметь такие функции, как отображение отчетов, отображение кривых и печать отчетов о температуре и влажности в любое время в течение всего дня, а также осуществлять мониторинг в реальном времени и запись рабочих условий на складе.

6) Другие функции

Противоугонная система и система видеонаблюдения могут быть оборудованы в соответствии с актуальными потребностями. Если позволяют условия, в локальной сети предприятия могут быть предусмотрены функции веб-публикации, удаленного мониторинга и удаленного обслуживания, выполненные в сети LAN.

4) Хранение инструментов для производства работ под напряжением

1) Рабочие инструменты для производства работ под напряжением должны храниться отдельно в зависимости от категории инструмента.

Основные категории включают в себя металлические инструменты, электротехнические инструменты из твердых изоляционных материалов, электротехнические инструменты из мягких изоляционных материалов, изолирующие экранирующие приспособления, изолирующие защитные приспособления и инструменты для проведения испытаний, как показано на рис. 4.15.

i) Металлические инструменты. Складские помещения для металлических инструментов должны учитывать требования нагрузки и свободный доступ. Рекомендуется использовать многослойные стеллажи.

ii) Электротехнические инструменты из твердых изоляционных материалов. Тяжелые, горизонтальные, подвесные и вспомогательные лестницы и рамы для размещения изоляторов для изолированных инструментов могут быть расположены горизонтально, а расстояние между рядами должно составлять 30 см. Расстояние от нижнего ряда до земли должно быть не менее 15 см. Следует также учитывать требования к нагрузке, и инструменты должны быть легко доступны. Изолирующие ручные штанги, подвесные и натяжные опоры, опорные стойки могут храниться на стеллажах с вертикальной подвеской. Расстояние между стержнями должно составлять 10–15 см, а два ряда должны находиться друг от друга на расстоянии 30–50 см. Если штанги слишком длинные, чтобы их можно было вертикально подвешивать, их можно хранить на горизонтальных стеллажах. Изоляционные ручные штанги и натяжные стойки, имеющие большой вес, можно хранить на горизонтальных стеллажах.

iii) Электротехнические инструменты из мягких изоляционных материалов. Изоляционные жгуты и гибкие лестницы можно хранить в вертикальных подвесных рамах. Расстояние между вешалками с изоляционными канатами составляет 20–25 см, а конец каната должен находиться на расстоянии не менее 30 см от земли.

iv) Инструменты для проведения испытаний. Инструменты для испытаний следует размещать отдельно в многослойных горизонтальных рамах из нержавеющей стали, чтобы избежать столкновения.

(a)



(b)



Рис. 4.15 Склад для инструментов для работы под напряжением. (a) склад для инструментов; (b) устройство специальных шкафов для электротехнических инструментов 1; (c) расположение специальных шкафов для электротехнических инструментов 2; (d) расположение специальных шкафов для изоляционных инструментов 3; (e) изолирующие экранирующие покрытие; (f) гараж с подъемным механизмом устройства с изолирующим звеном.

v) Изолирующие экранирующие устройства. Изолирующие экранирующие устройства, такие как защитные покрытия для проводов, изоляторов, траверс и штанг должны быть размещены на многослойных горизонтальных рамах. Запрещается хранить их рядом с паровыми трубами, трубами сети обогрева и другими искусственными источниками тепла или в местах, подверженных воздействию прямых солнечных лучей.

(c)



(d)



Рис. 4.15 (Продолжение)

vi) Изолирующие средства защиты. Изолирующие средства защиты, такие как изолирующая одежда, диэлектрические манжеты, изолирующие накладки, диэлектрические перчатки и боты, должны быть защищены от попадания прямых солнечных лучей или не должны храниться вблизи искусственных источников тепла. В частности, они должны быть защищены от прямого контакта с острыми предметами, которые могут их проколоть или на поверхность нанести царапины.

(e)



(f)



Рис. 4.15 (Продолжение)

2) Общие требования к хранению инструментов для производства работ под напряжением

- i) Изоляционные инструменты для производства работ под напряжением и металлические инструменты должны храниться на специализированных складах соответственно.
- ii) Склад должен быть расположен в сухом, чистом, хорошо вентилируемом и легкодоступном месте.
- iii) Склад должен быть оснащен оборудованием для перекрестной вентиляции, деревянным полом и окнами с двойным остеклением.
- iv) Склад для изоляционных инструментов должен быть оборудован соответствующим количеством инфракрасных ламп или другого сушильного оборудования, а также осушителем и гигротермографом. Температура в помещении должна быть как можно ближе к температуре наружного воздуха, а разница температур не должна превышать 5°C. Относительная влажность должна контролироваться в пределах 50–60%.
- v) Склад должен быть оборудован стеллажами, наборами и шкафами для хранения различных инструментов, в том числе:
 - а) Стойками для инструментов из алюминиевого сплава, используемыми для хранения изоляционных инструментов и металлических инструментов.
 - б) Специальными наборами инструментов, используемые для хранения изолирующей одежды, защитной одежды, одежды для защиты от электростатического разряда и другого защитного оборудования.
 - в) Специализированными шкафами для инструментов, используемыми для хранения личных инструментов.
- vi) Соответствующее количество противопожарного оборудования должно быть размещено за пределами склада в соответствии с требованиями.
- vii) Склад должен быть оборудован стиральной машиной и соответствующим количеством хлопковых перчаток, полотенец и тапочек для общего пользования.
- viii) Различные инструменты, хранящиеся на складе, должны быть с этикетками, указывающими, что они прошли соответствующие испытания. Запасные части должны храниться отдельно и иметь четкие инструкции на этикетке. Их не следует смешивать с использованными инструментами.
- ix) Неквалифицированные инструменты (включая все виды материалов) не должны храниться на складе.

3) Управление складом для инструментов для производства работ под напряжением

Для склада должна быть создана система управления, которая должна управляться персоналом, работающим неполный рабочий день

Необходимо сделать следующие подробные записи

- i) Отчет о технической оценке новых инструментов для работы под напряжением.
- ii) Заводской сертификат механических и электрических испытаний новых инструментов для работы под напряжением.
- iii) Испытательная карта электрических профилактических испытаний для инструментов для работы под напряжением.
- iv) Испытательная карта механических профилактических испытаний для инструментов для работы под напряжением.
- v) Детализированная карточка инструмента для работы под напряжением
- vi) Подробный список инструментов для работ под напряжением.

Любой инструмент, ввозимый или вывозимый со склада, должен быть зарегистрирован. Инструменты должны регулярно высушиваться или визуально проверяться и подвергаться обслуживанию. О любой обнаруженной проблеме следует своевременно сообщать ответственному лицу. Кроме того, необходимо контролировать проведение регулярных электрических и механических испытаний.

Перед вывозом со склада и погрузкой рабочие инструменты для работ под напряжением должны быть упакованы в специальные чистые холщовые мешки или помещены в специальные контейнеры для наборов инструментов, чтобы избежать попадания влаги или загрязнения во время транспортировки и предотвратить любые повреждения из-за ударов или сжатия.

Во время использования в полевых условиях брезент должен быть положен на землю, а все инструменты должны быть размещены на брезенте. Инструменты не должны быть положены прямо на землю. Все сотрудники, использующие инструменты, будь то для изолирующей штанги, опоры или на земле, должны носить чистые перчатки и не должны касаться изолирующих инструментов голыми руками. Все люди должны обращать внимание на то, чтобы инструменты не ударялись об опору при передаче инструментов. Если какой-либо электротехнический инструмент подвергается загрязнению на участке, его следует очистить чистым сухим полотенцем или безводным спиртом. Если инструмент серьезно загрязнен или подвержен воздействию влаги, его следует обработать и проверить перед повторным использованием. В случае непрерывного использования в полевых условиях, оператор должен брать сушильное оборудование и сухой электротехнический инструмент каждый день после возвращения на площадку, чтобы хорошо подготовиться к следующему дню.

В дополнение, управление инструментами должно также должным образом учитывать важные связи, такие как закуп, демонтаж и утилизация. Многие инструменты для работы под напряжением спроектированы в соответствии со специальными требованиями к работам и поэтому не стандартизированы. Поэтому закуп и надзор очень важны. Кроме того, важно провести приемочные испытания новых инструментов, которые будут приняты на склад. Инструменты, подлежащие утилизации должны быть удалены со склада и не могут быть размещены с другими доступными инструментами для обеспечения безопасности работ.

4.5.3 Современная идентификация и интеллектуальное управление инструментальным хозяйством

Быстрое развитие современных коммуникационных технологий и технических средств контроля, а также появление новых идей касательно реализации управления способствует созданию благоприятных условий для возможного и практического применения интеллектуальных систем управления повышенной эффективности. Современное и интеллектуальное управление товарами обычно подразумевает использование штрих-кодов или электронных меток для идентификации, чтобы реализовать управление ввозом и вывозом со склада, а также контролем качества.

Штрих-код – это специальный код, который может быть считан фотоэлектрическим сканирующим устройством для ввода данных в компьютер. Он состоит из набора широких и тонких, черно-белых или цветных полос и пробелов, а также соответствующих символов, цифр и букв и используется для представления определенной информации.

Радиочастотная идентификация, также известная как электронная метка, представляет собой бесконтактную технологию автоматической идентификации, используемую для автоматической идентификации объекта и получения соответствующих данных с помощью радиочастотных сигналов. Полный набор системы радиочастотной идентификации состоит из трех частей: считывателя, электронная этикетки и системы прикладного программного обеспечения. Электронная этикетка состоит из соединительного элемента и микросхемы. Каждая этикетка

имеет уникальный электронный код, прикрепленный к объекту для идентификации любой цели. Считыватель используется для чтения (и иногда записи) информации на этикетке и может быть предназначен для ручного или стационарного считывателя.

Штрих-коды или электронные этикетки прикреплены к рабочим инструментам для уникальной идентификации. Считывающее устройство для сканирования установлено на входе в склад и подключено к системе управления, что позволяет осуществлять научное и стандартизированное управление инструментами в течение ряда процессов, начиная с закупа, подачи заявки, хранения, тестирования и использования до утилизации, что позволяет реализовать цель управления на основе информации и концепцию управления полным жизненным циклом, а также способствует эффективному и удобному интеллектуальному мониторингу и управлению качеством, складированием и распространением инструментов. Штрих-коды или электронные этикетки отличаются недорогой ценой, гибкостью, практичностью, уникальной информацией, надежностью, точностью, мощной способностью автоматической идентификации, высокой скоростью и эффективным контролем качества, а также завоевывают популярность в интеллектуальном управлении рабочими инструментами для работы под напряжением.

Они могут реализовывать следующие функции:

- 1) Уникальный идентификатор присваивается одному инструменту и используется для идентификации технологию сканирования штрих-кода или радиочастотной карты.
- 2) Реализовано управление хранением подробных записей, базовой информации, данных испытаний и состояния заявки.
- 3) Любой инструмент, ввозимый на склад или вывозимый со склада, должен быть идентифицирован сканирующим считывателем, посредством чего выполняется автоматическое сообщение о состоянии инструмента. Любой неисправный, утилизированный инструмент, с истекшим циклом испытаний или с невозможностью регистрации информации о квалификации получает аварийный сигнал. Считыватель работает через систему контроля доступа для управления системой контроля ввоза и вывоза инструментами на склад или со склада.

Литература

- 1 Li Tianyou, Jin wenlong, Xu Binyin. Distribution Technique[M]. Beijing: China Power Press, 2008.
- 2 Li Tianyou, Lin Qiu Jin. Practical Skills in MV- LV Distribution Network[M]. Beijing: China Power Press, 2012.
- 3 Hu Yi. Live Working Technology on Distribution Lines[M]. Beijing: China Power Press, 2002.
- 4 IEC 60855, Live working - Insulating foam- filled tubes and solid rods, 2009.
- 5 IEC 61235, Live working - Insulating hollow tubes for electrical purposes, 1993.
- 6 IEC 60903, Live working. Electrical insulating gloves, 2014.
- 7 IEC 60984, Sleeves of insulating material for live working, 2014.
- 8 Gillies, D. A; Nellies, C. L.; Kuehn, K. H.: Field and test experience with insulated ropes at BPA IEEE Transaction on Power Delivery, 1991, Vol. 6, No 3, S. 1181–1186.
- 9 Wichmann, D. P.; Saha, T. K.: Diagnostic testing for the determination of quality of live-line ropes. Proceedings The Sixth International Power engineering Conference (IPEC 2003), 27–29 November 2003, Singapore.
- 10 Hu Yi, Cheng Fengzhou, Development of insulating clothes for live line working in distribution networks. High Voltage Engineering, 2000. Vol. 26, No. 4, pp. 49–51.

5

Методы испытаний рабочих инструментов

В этой главе рассказывается о методах испытаний рабочих инструментов, и особое внимание уделяется методам испытаний электротехнических инструментов и средств защиты.

5.1 Виды испытаний инструментов

5.1.1 Классификация испытаний

Для своевременного изучения механической прочности и уровней изоляции рабочих инструментов, используемых для производства работ под напряжением, а также для обеспечения безопасности и нормального использования инструментов техниками, рабочие инструменты должны быть подвержены соответствующим испытаниям на различных этапах проектирования и производства, заводским испытаниям или на площадке в полевых условиях, в т.ч. типовым испытаниям (испытания типа изделия), испытаниям образцов, приемочным испытаниям и профилактическим. По своему составу испытания также подразделяются на испытания механических, электротехнических и электромеханических свойств. [1]

Типовые испытания являются неотъемлемой частью оценки нового продукта и проводятся для проверки соответствия инструмента всем требованиям технического задания на разработку. Продукт не может быть официально запущен в производство, если он не прошел типовые испытания. Типовое испытание, как правило, поручается производителем инструмента, инспекционному и демонстрационному учреждению, которое получает квалификацию на уровне местных органов власти, министерства или выше. Основой для испытания является технический стандарт продукта. Количество требуемых образцов определяется инспекционным демонстрационным учреждением. Инструменты, используемые для работ под

напряжением, должны проходить типовые испытания в следующих случаях: (1) испытание типа изделия перед запуском в производство нового продукта; (2) когда конструкция, материал или процесс изготовления продукта изменяются настолько значительно, что это влияет на основные свойства продукта; (3) когда прошло более 5 лет с момента первоначального типового испытания. В части типовых испытаний, испытания механических свойств изделия включают испытания статической нагрузкой и динамические испытания, испытания электротехнических свойств - определение выдерживаемого напряжения промышленной частоты и испытание постоянным напряжением. Кроме того, влагозащищенные инструменты также должны быть подвергнуты испытанию на утечку переменного тока и постоянного тока. Электротехнические инструменты, которые используются для работ под нагрузкой, также должны подвергаться электромеханическим испытаниям.

Испытания образцов проводятся методом случайной выборки образцов из серии инструментов, используемых в качестве испытуемых образцов для определения соответствия инструментов данной серии требованиям технических условий. Испытание образцов выполнять изготовитель или пользователь, исходя из своих потребностей. Испытание может быть выполнено специализированной компанией. Испытание может быть выполнено квалифицированной организацией, назначенной пользователем и изготовителем. Элементы испытаний образцов могут охватывать элементы типового испытания полностью или частично.

Приемочное испытание необходимо пользователю при получении продукции. Элементы приемочного испытания могут охватывать элементы типового испытания полностью или частично (выбранные случайным образом). Суть приемочного испытания в том, чтобы обнаружить скрытые опасности, которые могут возникнуть при проектировании, изготовлении и транспортировке инструментов, и определить, соответствуют ли инструменты требованиям поставки.

Профилактическое испытание - это вид периодического технического осмотра, испытание или мониторинга. Его цель - выявление скрытых опасностей, которые могут возникнуть при использовании инструментов, а также защита инструментов от любых повреждений или недопущение несоответствующих технических параметров. Будучи одним из эффективных способов обеспечить безопасное использование инструментов, профилактическое испытание является важным связующим звеном для использования инструмента и управления им и играет ключевую роль в своевременном обнаружении и выявлении дефектов.

5.1.2 Виды испытаний материалов

1) Испытания механических свойств. Механические свойства относятся к способности рабочего инструмента противостоять деформации или повреждению под воздействием внешних сил. Механические свойства представляют собой группу показателей, обычно применимых к рабочему инструменту. Рабочие характеристики определяют области применения и срок службы инструмента. Общие механические свойства в основном включают эластичность, пластичность, жесткость, чувствительность к старению, прочность, твердость, ударную вязкость, износостойкую прочность и вязкость при разрушении. Испытание механических свойств заключается в определении свойств рабочего инструмента и его материала, когда инструмент подвергается воздействию внешних сил при определенных условиях окружающей среды. Прочность, твердость, жесткость, пластичность и ударная вязкость в основном измеряются для испытания механических свойств. Испытания механических свойств включают испытания статической нагрузкой и динамические испытания. Испытания статической нагрузкой включают испытания на растяжение, испытание на сжатие, испытание на изгиб, испытание на сдвиг, испытание на кручение, испытание на твердость, испытание на ползучесть, испытание на разрыв при высоких температурах, испытание на релаксацию напряжения и испытание на вязкость при разрушении. Динамические испытания включают испытания на удар и испытания на усталость. Виды испытаний механических свойств рабочих инструментов на распределительных линиях под напряжением в основном включают испытания на растяжение, сжатие, изгиб и кручение.

2) Испытания электротехнических свойств. На практике изоляция электротехнического инструмента служит не только для его изоляции, но также зачастую выступает в качестве опорного элемента инструмента. В результате изоляция подвергается воздействию как электрического поля, так и механического напряжения. В дополнение к механической прочности, электротехнический инструмент должен обладать соответствующими электротехническими свойствами, и требует проведения электротехнических испытаний для определения диэлектрических свойств материала изоляции. Испытания изолирующих свойств в части испытаний материала изоляции, условно включают в себя испытания изолирующих свойств и испытания прочности изоляции. Испытание на изолирующие свойства, проверяет эти свойства под разными углами при более низком напряжении с помощью подручных средств. Испытание на изоляционные свойства обычно включает измерение сопротивления изоляции, измерение коэффициента поглощения, измерение индекса поляризации и измерение коэффициента диэлектрических потерь. Изоляционные свойства должны проверяться на регулярной основе. Все предыдущие данные испытаний можно сравнить, чтобы определить эволюцию изоляции, или можно использовать соответствующие правила и стандарты для оценки соответствия изоляции.

Испытание прочности изоляции должно определить, какое максимальное напряжение изолирующее оборудование способно выдержать при различных параметрах таких как напряжение, частота переменного тока, напряжение постоянного тока, напряжение молнии и импульсное напряжение переключения.

Определяется всего лишь два показателя по результатам этих испытаний: устойчивость и пробой изоляции, поэтому этот метод испытаний является разрушительным. Результат испытания очень надежный, но возможен определенный риск. Кроме того, изолированное оборудование может быть повреждено из-за кумулятивного эффекта, в случае его многократного прохождения через испытание. Испытание на прочность изоляции обычно включает в себя испытание на выдерживаемое напряжение переменного тока, испытание на утечку переменного тока, испытание на выдерживаемое напряжение постоянного тока и испытание на выдерживание импульсного напряжения переключения. [2]

Испытание сопротивления изоляции является самым простым и самым основным методом среди испытаний изоляции. Когда изолятор подвергается воздействию влаги и загрязняется на поверхности, его сопротивление изоляции значительно падает. Измеритель сопротивления изоляции обычно используется для измерения сопротивления изоляции на месте. Величина сопротивления изоляции может четко отражать состояние изоляции и эффективно идентифицировать влажность и грязь, частично или полностью возникающую на изоляционном оборудовании, а также такие дефекты, как повреждение изоляции и серьезный перегрев или старение. При испытании сопротивления изоляции значение сопротивления изоляции зависит от структуры и объема изолирующего материала, уровня напряжения используемого измерителя сопротивления изоляции и атмосферных условий. Следовательно, после исключения влияния атмосферных условий измеренное сопротивление изоляции следует сравнить с заводским сопротивлением изоляции, историческими данными и сопротивлением изоляции другого оборудования из той же партии. Разница не должна выходить за рамки, установленные соответствующими правилами. Кроме того, следует учитывать изменение

сопротивления изоляции.

3) Электромеханическое испытание. Изолированный инструмент для работы с нагрузкой часто подвергается сочетанию механических и электрических воздействий в процессе работы с ним, поэтому в процессе испытаний электромеханических свойств следует одновременно проверять определенную рабочую нагрузку и переменное напряжение.

5.1.3. Технические стандарты обеспечения испытаний

1) Испытание механических свойств

Испытание механических свойств рабочих инструментов под напряжением обычно включает испытание на статическую и динамическую нагрузку. Инструменты, которые обычно несут статические нагрузки, такие как изолирующие натяжные и навесные штанги, подвергаются испытанию на статическую нагрузку. Те инструменты, которые несут статические нагрузки, такие как ручные штанги и натяжители, должны подвергаться испытанию как на статическую так и динамическую нагрузки.

Рабочие инструменты под напряжением, которые выдерживают нагрузки различных зажимов и соединительных фитингов во время работы, должны быть испытаны в соответствии с действующими стандартами для фитингов. Инструменты, которые несут другие статические нагрузки во время работы, должны испытываться в соответствии с проектными нагрузками и соответствующими положениями для строительной техники.

Испытание механических свойств является разрушающим испытанием и обычно выполняется во время испытания типа или проверки образцов продукта.

1) Испытание на статическую нагрузку выполняют для проверки способности рабочих инструментов, аппаратов и оборудования под напряжением выдерживать механические нагрузки (растяжение, кручение, сжатие и изгиб).

Статическая нагрузка обычно относится к номинальной нагрузке. При выполнении испытания на статическую нагрузку рабочий инструмент под напряжением собирается до рабочего состояния, и нагрузка, равная 2,5-кратной рабочей нагрузке, прикладывается к инструменту в течение 5 минут. Инструмент можно считать квалифицированным, если все компоненты не подвержены постоянной деформации, повреждению или растрескиванию.

2) Испытание на динамическую нагрузку. Это испытание на механическую нагрузку с учетом поперечных или продольных ударных сил, вызванных движением или работой на основе статических нагрузок.

При выполнении испытания на динамическую нагрузку, рабочий инструмент под напряжением собирается до рабочего состояния, а нагрузка в инструменте в 1,5 раза превышает рабочую нагрузку. Затем инструмент эксплуатируется три раза в соответствии с фактическими условиями работы. Если операция простая и гибкая, и в соединительной части не наблюдается явных дефектов, инструмент считается квалифицированным.

3) В соответствии с фактическими условиями выдерживания нагрузки, ручной столб должен подвергаться испытаниям на изгиб, кручение и растяжение. Опорная штанга должна быть испытана на сжатие. Натяжная (подвесная) штанга испытывается на растяжение.

2) Проверка электрических свойств

В дополнение к испытанию механических свойств, также необходимо выполнять испытания на выдерживаемое напряжение, на всех изолированных компонентах рабочего инструмента под напряжением, выполненных из изоляционного материала, для проверки соответствия свойств изоляции требованиям электрозащиты. На больших высотах изоляция инструмента должна быть усилена или должны использоваться рабочие инструменты более высокого напряжения. Коррекция по высоте должна быть выполнена для испытания на выдерживаемое напряжение в соответствии с местом фактического использования. Испытание на сопротивление импульсному напряжению обычно не проводится на рабочих инструментах распределительного провода среднего и низкого напряжения. Стандарты электрических профилактических испытаний представлены ниже. Испытательные напряжения и длительность других испытаний колеблется, и для получения подробной информации нужно обратиться к соответствующим процедурам.

1) Частота испытательного напряжения.

а) Для изолирующих инструментов, используемых на линиях 10 кВ, профилактическое испытательное напряжение должно быть не менее 45 кВ.

б) Для изолирующих инструментов, используемых на линиях 20 кВ, профилактическое испытательное напряжение должно быть не менее 65 кВ.

Продолжительность испытания выдерживаемого напряжения промышленной частоты составляет 1 мин.

2) Метод испытания. Соответствующие испытательные электроды конструируются в соответствии с формой испытуемого образца.

Например, изолирующая одежда проверяется путем надевания двух комплектов защитной одежды соответственно внутри и снаружи изолирующей одежды в качестве электродов. Изоляционные перчатки и обувь обычно проверяются с использованием водопроводной воды в качестве электродов. В течение всего процесса испытания тестируемый инструмент можно рассматривать как квалифицированный, если он может выдержать приложенное напряжение, и при этом не ощущается частичный или полный перегрев вручную, а также не происходит износ разряда или поломки после снятия испытательного напряжения. Чтобы выполнить контрольное испытание на изолирующем инструменте, необходимо разделить инструмент на несколько секций для испытания на выдерживаемое напряжение промышленной частоты. Напряжение 75 кВ подается на каждое сечение 300 мм в течение 1 мин. Электротехнический инструмент можно считать квалифицированным, если нет поломок, пробоя или перегрева.

3) Электромеханическое испытание электротехнических инструментов на несущую нагрузку проводят, применяя в 1,5 раза больше рабочей нагрузки и двухфазного напряжения. Продолжительность испытания составляет 5 минут. Если на поверхности электротехнического инструмента нет трещин и следов разряда, и сразу после снятия напряжения вы не ощущаете тепла, прикасаясь к нему рукой, и не наблюдаете трещин, то электротехнический инструмент проходит электромеханическое испытание на нагрузку и двухфазное номинальное напряжение.

5.2 Испытания типовых электротехнических инструментов

В этом разделе рассматриваются методы и требования для проверки электротехнических инструментов и изоляционных защитных приспособлений, используемых для работы под напряжением.

5.2.1 Испытание изолированной штанги

В соответствии с различными вариантами применения при работе под напряжением изолирующие штанги подразделяются на изолирующие, опорные и натяжные (подвесные).

1) Внешний вид и размерный контроль. Поверхность изолирующей штанги должна быть гладкой, без пузырей, складок или трещин, а ткань из стекловолокна должна быть хорошо приклеена к смоле без разрушения клея. Соединение между сегментами опор должно быть надежным. Металлические фитинги изолирующей штанги должны быть прочно соединены с любой изолирующей трубкой, пенополиуретановой заливочной трубкой, изолирующим стержнем или изолирующей панелью и они должны быть гибкими и простыми в использовании. Размеры различных частей поддерживающих и натяжных (подвесных) опор должны соответствовать таблице 5.1, а размеры различных частей изолирующих опор должны соответствовать таблице 5.2.

2) Проверка механических свойств. Испытательные элементы включают в себя испытание на статическую нагрузку и испытание на динамическую нагрузку. Профилактическое испытание должно проводиться регулярно, а цикл не должен превышать 24 месяца.

Что касается испытания на статическую нагрузку, нагрузки, указанные в таблицах 5.3 и 5.4, должны быть применимы к различным изолирующим штангам в течение 1 минуты, и не должно наблюдаться каких-либо деформаций или повреждений. Что касается испытания на динамическую нагрузку, нагрузки, указанные в таблицах 5.3 и 5.4, должны быть приложены к различным изолирующим штангам трехкратно, и испытательный образец должен продемонстрировать гибкое движение без явления заклинивания. Стандарты испытаний на растяжение, сжатие, изгиб и кручение для изолирующих опор для рук показаны в таблицах.

Таблица 5.1 Минимальные полезные расстояния изоляции опорной и натяжной (подвесной) штанги

Номинальное напряжение (кВ)	Минимальное полезное расстояние	Длина фиксируемой части (м)		Длина подвижной части опорной штанги (м)
		Опорные штанги	Натяжные (подвесные) штанги	
10	0.40	0.60	0.20	0.50
20	0.60	0.60	0.20	0.60

Таблица 5.2 Длина разных частей изолирующей штанги

Номинальное напряжение (кВ)	Минимальное полезное расстояние изоляции (м)	Длина торцевого металлического шва (м)	Длина выдвижной части (м)
10	0.70	≤0.10	≥0.60
20	0.90	≤0.10	≥0.60

Таблица 5.3 Механические свойства опорной штанги (кН).

Уровень опорной штанги	Номинальная нагрузка	Статическая нагрузка	Динамическая нагрузка
1 кН уровень	1.00	1.20	1.00
3 кН уровень	3.00	3.60	3.00
5 кН уровень	5.00	6.00	5.00

Таблица 5.4 Механические свойства натяжной (подвесной) штанги (кН)

Уровень опорных столбов	Номинальная нагрузка	Статическая нагрузка	Динамическая нагрузка
10 кН	10.0	12.0	10.0
30 кН	30.0	36.0	30.0
50 кН	50.0	60.0	50.0

По **таблице 5.5** видно, что изолирующая ручная штанга может приниматься в качестве квалифицированной, если нет постоянной деформации или трещины.

В соответствии с фактическими условиями нагрузки, необходимыми для работы, ручная штанга должна быть подвергнута испытаниям на изгиб, кручение и растяжение. Опорная стойка должна быть испытана на сжатие. Натяжная (подвесная) штанга должна также быть испытана на растяжение.

1) Испытание на изгиб. Ручную штангу располагают, как показано на рис. 5.1. Ее крепят с обоих концов за полиспасты и прикладывают нагрузку к центру, до достижения указанного значения. Приложенная нагрузка показана в таблице 5.5, а расстояние между осями двух полиспастов показано в таблице 5.6.

2) Испытание на кручение. Используется испытательный образец 2. Ручная штанга фиксируется за один край, ко второму прикладывают крутящий момент на расстоянии 2 м от фиксированного края, пока не будет достигнуто указанное значение. Значения C_d , α_d и C_t для испытания на кручение приведены в таблице 5.7.

Во время испытания крутящий момент прикладывают на участок длиной 1 м между зажимами или краем испытательного образца до достижения значения крутящего момента C_d . В это время не должно быть никаких ненормальных звуков или очевидных изъянов.

Таблица 5.5 Стандарты механических испытаний изолирующей ручной штанги

Пример образца и спецификации		Испытательная нагрузка растяжки (кН)		Испытательная нагрузка сжатия (кН)	Испытательная нагрузка сгибания (Н.м)	Испытательная нагрузка кручения(Н.м)
Ручная штанга	Номинальный наружный диаметр (мм)	≤ 28	1.50	—	225	75
Опорная или натяжная (подвесная) штанга		> 28	1.50	—	275	75
		1 кН уровень	-	2.50	-	-
		3 кН уровень	-	7.50	-	-
		5 кН уровень	-	12.5-	-	-
		5 кН уровень	25.0	-	-	-
		10 кН уровень	75.0	-	-	-
		30 кН уровень	125.0	-	-	-

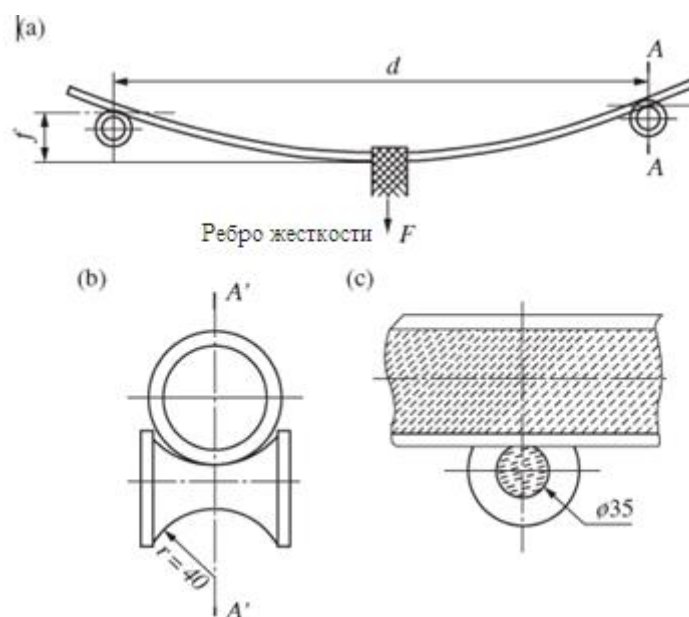


Рис. 5.1 Схема проведения испытания на изгиб: (а) схема расположения; (b) увеличенный вид вертикального сечения поддержки полиспастом; (с) увеличенный вид поперечного сечения поддержки полиспастом.

При сохранении исходного значения C_d в течение 3000 секунд измеренное угловое отклонение должно быть меньше соответствующего угла α_d . Через одну минуту после снятия крутящего момента измеренный остаточный угол отклонения не должен превышать 1%.

Затем прикладывается еще большее значение крутящего момента до достижения номинального показателя C_1 в течение 30 секунд, - признаки повреждения должны отсутствовать.

3) Испытание на сжатие. Схема проведения испытаний показана на рис. 5.2. Испытательный образец 2 м взят для опорной штанги. Нижний край опорной штанги является фиксируемым, верхний - остаётся свободным. Нагрузка прикладывается по оси опорной штанги до тех пор, пока не будет достигнуто заданное значение. Значения испытания приведены в таблице 5.8.

4) Испытание на растяжение. Схема проведения испытания показана на рис. 5.3. Испытывают образец длиной 2 м, оба края которого фиксируют зажимами. Необходимо налить смолу или установить металлический стержень в изолированную гильзу в фиксированном положении испытуемого образца, чтобы предотвратить его повреждение.

Таблица 5.6 Значения F_d , f , F_r для испытания на изгиб опорной штанги

Наружный диаметр гильзы и стрежня (мм)	Расстояние между опорами (м)	F_d/N	f/mm	F_r/N	Длина образца (м)
Стержень	10	0.5	270	20	540
	16	0.5	1350	15	2700
	24	1.0	1750	15	3500
	30	1.5	2250	40	4500
Гильза	18	0.7	500	12	1000
	20	0.7	550	12	1100
	22	0.7	600	12	1200
	24	1.1	650	14	1300
	26	1.1	775	14	1550
	28	1.1	875	14	1750
	30	1.1	1000	14	2000
	32	1.1	1100	25	2200
	36	1.5	1300	25	2600
	40	2.0	1750	26	3500

44	2.0	2200	28	4400
50	2.0	3500	30	7000
60	2.0	6000	27	12000
70	2.0	10000	27	20000

Примечание F_d - начальная изгибающая нагрузка; f - разница прогиба (относится к разнице между $F_d/3$ и $2F_d/3$ или между $2F_d/3$ и F_d); F_r - номинальная изгибающая нагрузка.

Диаметр металлического стержня должен быть равен или немного меньше внутреннего диаметра изолированной гильзы. После того, как испытательный образец крепко зажат, на испытательный образец прикладывается осевая растягивающая нагрузка, пока не будет достигнуто указанное значение. Значения испытания приведены в таблице 5.9.

3) Электротехническое профилактическое испытание. Объектом испытания является выдерживаемое напряжение промышленной частоты. Цикл испытаний не должен превышать 12 месяцев.

Таблица 5.7. Значения C_d , α_d , C_r для испытания на кручение

Наружный диаметр гильзы и стержня (мм)		$C_d/(N \cdot m)$	$\alpha_d(^{\circ})$	$C_r/(N \cdot m)$
Стержень	10	4.5	150	9
	16	13.5	180	27
	24	40	150	80
	30	70	150	140
Гильза	18	18.5	30	37
	20	20	29	40
	22	22.5	28	45
	24	25	27	50
	26	27.5	26	55
	28	30	21	60
	30	35	17	70
	32	40	35	80
	36	60	37.5	120
	40	80	40	160
	44	100	35	200
	50	120	16	240
	60	320	12	640
	70	480	10	960

Расположение испытательных электродов показано на **рис. 5.4**. Изолирующий стержень должен быть подвешен и зафиксирован (или помещен на непроводящую опору). Расстояние H от земли больше на 1000 мм. Диаметр ϕ провода моделирования не менее 30 мм. Диаметр D шарика стабилизации напряжения составляет 200–300 мм. Расстояние d между образцами для испытаний составляет не менее 500 мм. Электроды подключены к обеим сторонам изолирующей штанги, который подвергается кратковременному испытанию на выдерживание напряжения промышленной частоты. Электрические свойства должны соответствовать таблице 5.10. Изолирующая штанга может считаться квалифицированной, если нет пробоя или явного перегрева.

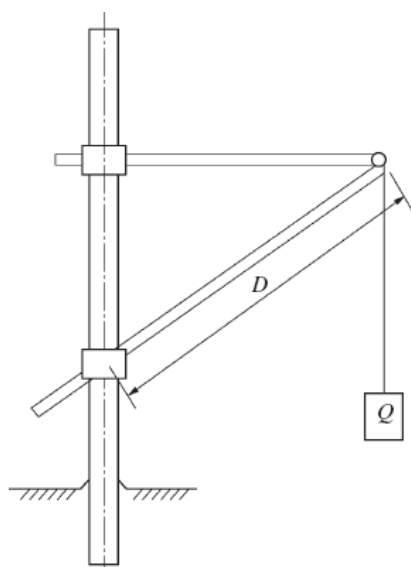


Рис. 5.2 Схема расположения опорной штанги для испытания на сжатие.
D - расстояние между двумя опорными точками опорной штанги.

Таблица 5.8. Испытания на сжатие опорной штанги (кН)

Уровень опорной штанги	Допустимая нагрузка	Отказ от нагрузки \geq
1 кН уровень	1.00	3.00
3 кН уровень	3.00	9.00
5 кН уровень	5.00	15.00

Таблица 5.9 Значения при испытаниях натяжной (подвесной) штанги (кН).

Уровень натяжной (подвесной) штанги	Допустимая нагрузка	Разрушающая нагрузка \geq
10 кН уровень	10.0	30.0
30 кН уровень	30.0	90.0
50 кН уровень	50.0	150.0

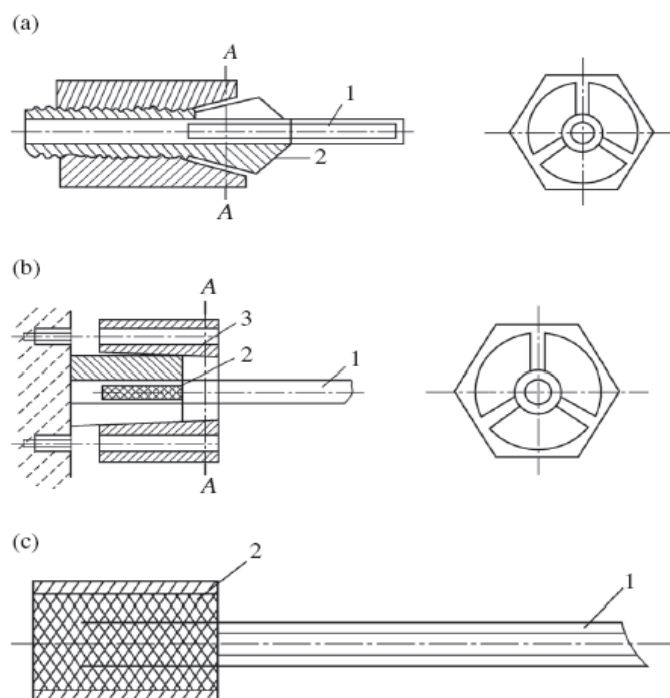


Рис. 5.3 Схема испытания на растяжение (I).

(а) Изолирующая штанга, закрепленная с помощью эластичной втулки, и вид поперечного сечения;
 (б) Изолирующая штанга, закрепленная с помощью конусного патрона, и вид поперечного сечения. Схема испытания на растяжение (II). (с) полая трубка, заполненная смолой, залитой по краям 1 – испытываемая изолирующая штанга; 2 - смола; 3 - винт.

Таблица 5.10 Электрические свойства изолирующей ручной штанги

Номинальное напряжение (кВ)	Расстояние между испытательными электродами (м)	L	Выдерживаемое напряжение промышленной частоты (кВ/1 мин)	
			Пусконаладочные испытания	Профилактические испытания
10	0.40		100	45
20	0.60		150	95

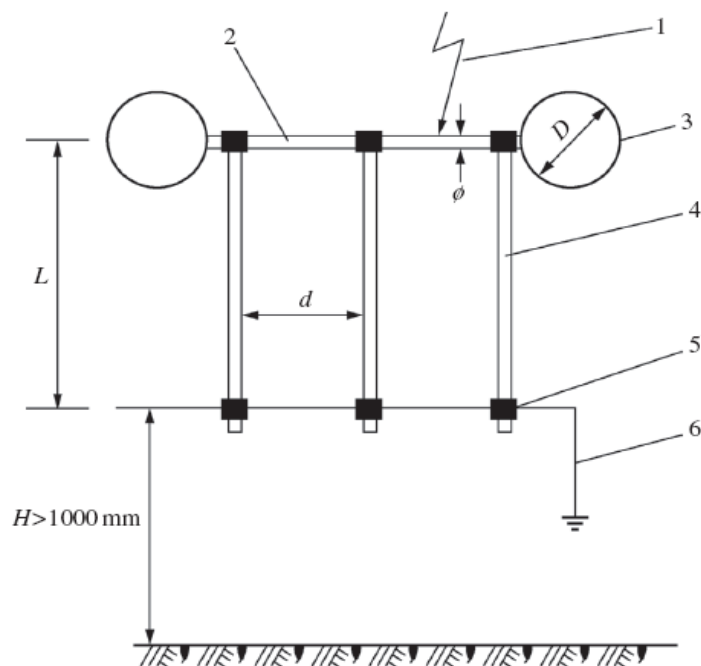


Рис. 5.4. Схема выдерживания напряжения на частоте питания при испытании изолирующей ручной штанги. 1 - электрод высокого напряжения и вывод; 2 – иммитационный провод; 3 - шарик выравнивания напряжения; 4 - ручная штанга; 5 - заземленный электрод; 6 - заземленный провод. Что касается испытания в разрезе на изолирующей штанге, напряжение, приложенное в каждом участке, должно быть рассчитано в прямой пропорции длины к напряжению, приложенному по всей длине штанги плюс 20%.

5.2.2 Испытание изолированной лебёдки

1) Внешний вид и размерный контроль

Защитный щит, разделительный щит, натяжной щит и ребро жесткости изолированного полиспаста, как правило, изготавливаются из слоистых листов из эпоксидной стеклоткани, а шкив изготавливается из полиамида 1010 смолы или других изоляционных материалов. Его изолирующая часть должна быть гладкой, без пузырей, складок и трещин. Шкив должен свободно вращаться в центральном валу без заедания или царапин на ободе. Подъемный крюк и подъемное кольцо должны гибко вращаться на подъемной балке. В пределах 90 ° от отверстия боковой пластины, не должно быть препятствий.

2) Испытание на механические свойства

Объект испытания - это параметр растяжения. Профилактическое испытание должно проводиться регулярно с циклом не более 12 месяцев.

Испытание на растяжение может быть выполнено после того, как собрана изолирующая скоба и изолирующая веревка. Испытание на механическое растяжение проводят на инструменте 5, 10, 15 и 20 кН, которые могут выдерживать нагрузку 6, 12, 18 и 24 кН в течение 5 минут. Любые инструменты могут считаться квалифицированными, если нет постоянной деформации или трещины.

3) Электрическое профилактическое испытание

Объектом испытания является выдерживаемое напряжение промышленной частоты. Цикл испытаний не должен превышать 12 месяцев.

Расположение испытательного электрода показано на рис. 5.5. Испытуемый образец между двумя электродами не должен касаться каких-либо проводящих объектов. Различные типы изолирующих инструментов должны выдерживать испытание на выдерживаемое переменное напряжение промышленной частоты (25 кВ и 1 мин), тогда их можно рассматривать как квалифицированные, если нет пробоя или явного перегрева. Среди них электротехнический инструмент крючкового типа должен выдерживать испытание на выдерживаемое переменное напряжение промышленной частоты (37 кВ и 1 мин).

5.2.3. Испытание жесткой изолирующей лестницы

1) Внешний вид и размерный контроль

Изолированные жёсткие лестницы включают: горизонтальные лестницы, подвесные лестницы, вертикальные однотрубные лестницы, лестницы-компаньоны и ёлочные лестницы. Изоляционные детали изготавливаются из таких изолированных материалов, как изоляционные плиты, трубы, профилированные стержни и трубы для наполнения пеной. Поверхность жесткой изолирующей лестницы должна быть гладкой, без пузырей, складок или трещин, а ткань из стекловолна должна быть очень хорошо приклеена к смоле без разрушения клея. Соединение между сегментами стержня должно быть надежным.

2) Испытание на механические свойства

Объекты испытания включают испытание на статическую нагрузку, на сопротивление изгибу, и испытание динамической нагрузки на сопротивление изгибу. Цикл профилактических испытаний не должен превышать 24 месяца.

Что касается испытания на механическую прочность, положение и направление приложенной нагрузки должны быть такими же, как и в случае, когда используется изолирующая деталь, как показано на рис. 5.6.

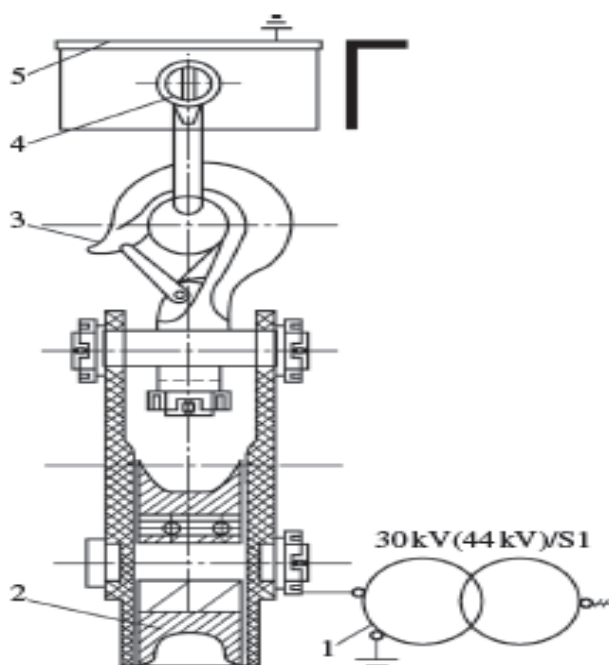


Рис. 5.5. Схема устройства электрического испытания для инструмента. 1 - прибор для проверки частоты питания; 2 - шкив; 3 - подъемный крюк; 4 - I-образное кольцо; 5 - металлическая поперечина.

С точки зрения испытания на статическую нагрузку, нагрузки, указанные в таблице 5.11, должны непрерывно прикладываться в течение 5 минут, а испытуемый образец не должен иметь никаких деформаций или повреждений. С точки зрения испытания на динамическую нагрузку, нагрузки, указанные в таблице 5.11, должны применяться три раза, и испытательный образец должен демонстрировать гибкое движение, без препятствий.

3) Электрическое профилактическое испытание

Объектом испытания является выдерживаемое напряжение промышленной частоты. Цикл испытаний не должен превышать 12 месяцев.

Электрические свойства должны соответствовать Таблице 5.12. Изоляционная жесткая лестница может считаться квалифицированной, если в ней не выявлены поломки, пробой или явный перегрев. Расположение электродов для испытания на выдерживаемое напряжение промышленной частоты на жесткой изолированной лестнице, может относиться к испытательному устройству, для изолирующей ручной штанги.

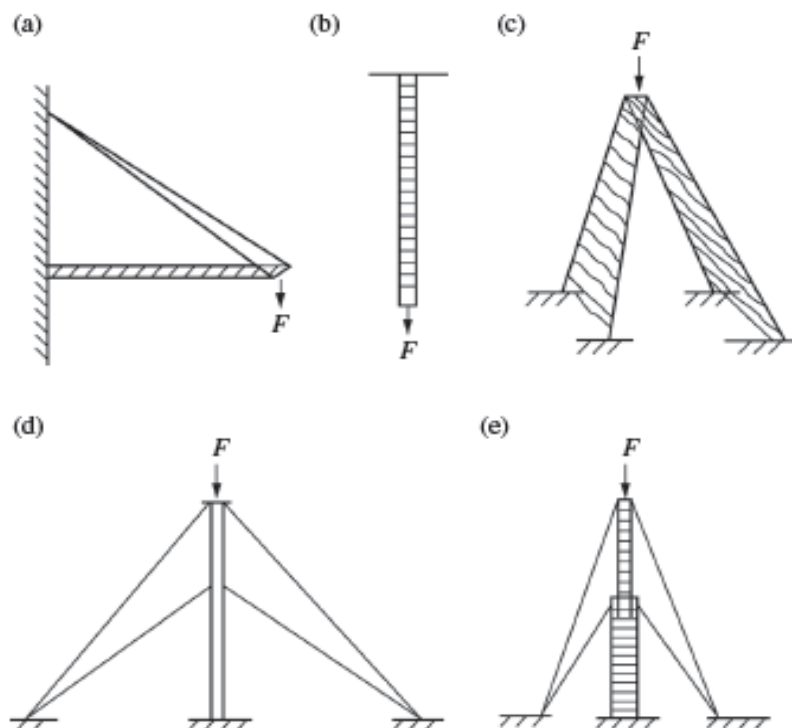


Рис. 5.6 Устройства для испытаний на изгиб для различных жестких лестниц.
 (а) горизонтальная лестница; (б) подвесная лестница; (в) елочная лестница;
 (г) вертикальные однотрубные лестницы; (д) лестница-компаньон.

Таблица 5.11 Механические свойства утепляющей жесткой лестницы.

Тип нагрузки	Номинальная нагрузка	Сопротивление статическому изгибу	Динамическое сопротивление нагрузки изгиба
Испытательное давление/Н	1000	1200	1000

5.2.4 Испытание изолированного жгута

1) Внешний вид и размерный контроль

Изоляционные жгуты также включают в себя изолирующие страховочные жгуты, изоляционные страховочные и изолирующие жгуты. Жгуты и стренги должны быть плотно скручены без каких-либо признаков расслоения.

Таблица 5.12. Электрические свойства жесткой изолирующей лестницы.

Номинальное напряжение / кВ	Расстояние между испытательными электродами/ м	Выдерживаемое напряжение промышленной частоты / кВ.1 мин	
		Пусконаладочные испытания	Профилактические испытания
10	0.40	100	45
20	0.60	150	95

Во всех скрученных веревках и нитях, и стренгах не должно быть таких дефектов, как следы сгиба, удары, раздробленные повреждения, задние стренги, а так же не должно быть неупорядоченных или скрещенных волокон, нитей и прядей. Изолирующие жгуты, изолирующие жгуты для личной изоляции, изолирующие жгуты для защиты проводов, жгуты для гашения дуги, и соответственно изолирующие жгуты и стропы должны соответствовать функциональным нормам и технологическим требованиям. [3]

2) Испытание на механические свойства

Объектом испытания является статическое растяжение, включая измерение удлинения и испытания на разрывную прочность. Цикл испытаний не должен превышать 12 месяцев.

1) Измерение удлинения. Поместите испытуемый образец между двумя зажимами, используя специальный разъем. Когда сила натяжения достигает измеренного натяжения изолирующего жгута, прекратите тянуть жгут. Возьмите любой отрезок 0,5 м в общей длине испытуемого образца и пометьте его на обоих концах. Снова потяните испытательный трос со скоростью 300 мм / мин, пока прочность на разрыв не составит около 50%. Затем продолжайте тянуть веревку со скоростью 250 мм / мин, пока прочность на разрыв веревки не составит около 75%. Запишите расстояние между двумя метками и рассчитайте удлинение изолирующего жгута. Удлинение не превышать значений в таблицах 5.13 и 5.14. Формула расчета удлинения

$$A = (L_a - L_p) / L_p \quad (5.1)$$

Таблица 5.13 Требования к механическим свойствам изолирующего жгута из натурального волокна.

Спецификация	Диаметр / мм	Удлинение (%)	Разрывная сила / кН	Измеренное напряжение / Н
TJS-4	4 ± 0.2	20	2.0	45
TJS-6	6 ± 0.3	20	4.0	85
TJS-8	8 ± 0.3	20	6.2	120
TJS-10	10 ± 0.3	35	8.3	150
TJS-12	12 ± 0.4	35	11.2	210
TJS-14	14 ± 0.4	35	14.4	350
TJS-16	16 ± 0.4	35	18.0	450
TJS-18	18 ± 0.5	44	22.5	550
TJS-20	20 ± 0.5	44	27.0	750
TJS-22	22 ± 0.5	44	32.4	850
TJS-24	24 ± 0.5	44	37.3	950

Таблица 5.14 Требования к механическим свойствам изоляционного жгута из синтетического волокна.

Спецификация	Диаметр/мм	Удлинение/(%)	Разрывная сила / кН	Измеренное напряжение/Н
HJS-4	4 ± 0.2	40	3.1	30
HJS-6	6 ± 0.3	40	5.4	50
HJS-8	8 ± 0.3	40	8.0	90
HJS-10	10 ± 0.3	48	11.0	140
HJS-12	12 ± 0.4	48	15.0	190
HJS-14	14 ± 0.4	48	20.0	260
HJS-16	16 ± 0.4	48	26.0	350
HJS-18	18 ± 0.5	58	32.0	450
HJS-20	20 ± 0.5	58	38.0	450
HJS-22	22 ± 0.5	58	44.0	700
HJS-24	24 ± 0.5	58	50.0	800

Где,

A - удлинение;

L_a - длина изолирующего каната при растягивающем усилии 75% от требуемого значения разрывной нагрузки, мм;

L_p - длина изолирующего жгута при растягивающей силе, равной измеренному натяжению, мм.

2) Испытание на разрывную прочность. После измерения удлинения продолжайте тянуть веревку, пока она не порвётся. В это время проверочное значение представляет собой прочность каната на разрыв. Прочность на разрыв не должна быть меньше значений в таблицах 5.13 и 5.14.

3) Электрическое профилактическое испытание

Объекты испытания включают в себя испытание напряжения сухого пробоя, на частоте питания обычного изолирующего троса, испытание напряжения сухого пробоя на частоте питания водонепроницаемого изоляционного троса и испытание на утечку тока на частоте погружения. Цикл испытаний не должен превышать 12 месяцев.

1) Испытание напряжения сухой проблесковой частоты. Образец для испытаний сушат в сушильном шкафу при 50°C в течение 1 часа, а затем охлаждают в течение 5 минут. Влагостойкий изолирующий трос можно отбирать в естественной среде и тестировать в указанной испытательной среде. Испытательные электроды намотаны медными проводами диаметром 1,0 мм. Результат испытания обычной изолирующей веревки должен соответствовать требованиям таблицы 5.15. Схема проведения испытаний показана на рис. 5.7. Область измерения должна быть не менее 2 м от любого источника питания высокого напряжения. Результат испытания влагостойкого изоляционного троса должен соответствовать требованиям таблицы 5.16.

Таблица 5.15. Электрические свойства обычного изоляционного жгута.

№	Предмет испытания	Эффективная длина испытуемого образца/м	Требуемые электрические свойства
1	Ток утечки промышленной частоты при напряжении 100 кВ и высокой влажности ¹	0.5	$\leq 300\text{ мА}$
2	Частота питания сухого проблескового напряжения	0.5	$\geq 170\text{ кВ}$

¹ Условия испытаний: относительная влажность 90%, температура 50°C и 24 ч, а длина образца - 0,5 м.

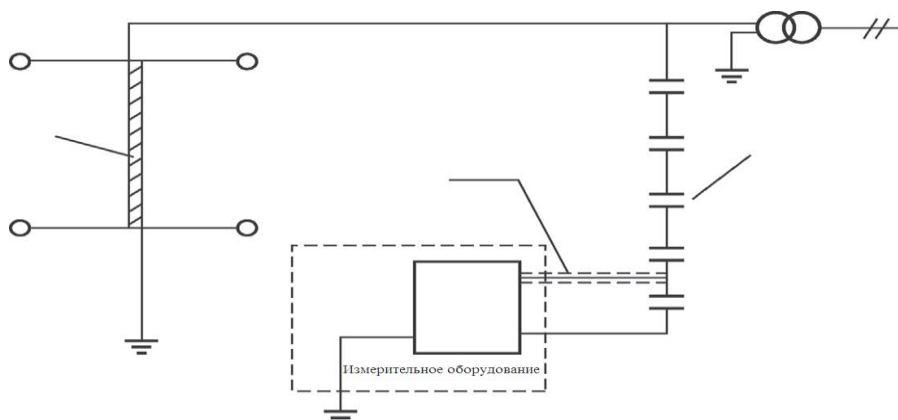


Рис. 5.7 Схема проверки напряжения для изолирующего каната. 1 - образец испытания; 2 - экранирующий провод;

3 - емкостный (или резистивный) делитель напряжения.

2) Испытание тока на утечку частоты погружения.

Погрузите исследуемый образец в воду с удельным электрическим сопротивлением 100 Ом • см. После погружения на 15 минут вынимают испытуемый образец и стряхивают капли воды. Затем измерьте ток утечки в указанной испытательной среде. Результат испытания должен соответствовать требованиям таблицы 5.16. Схема проведения испытаний показана на рис. 5.8. Измерительная зона должна находиться на расстоянии не менее 2 м от любого источника высокого напряжения.

5.2.5 Испытания изолированных ручных инструментов

Изолированные ручные инструменты для работы под напряжением включают в себя изолированные ключи и подъемные рычаги с изоляцией. В зависимости от используемых функций они должны обладать соответствующей механической прочностью, электрической изоляцией и хорошими антипиреновыми свойствами.

1) Внешний вид и размерный контроль. Размер изолирующего ручного инструмента следует проверять в соответствии с техническими требованиями соответствующих стандартов. Его эксплуатационные характеристики должны соответствовать рабочим требованиям, а его изолированный материал должен быть в хорошем состоянии без каких-либо отверстий, трещин, или повреждения и должны быть прочно прикреплены к проводящей части. Открытая часть металлического инструмента не должна иметь ржавчины, а маркировка инструмента должна быть четкой и полной.

Таблица 5.16 Электрические свойства влагостойкого изоляционного жгута

№	Предмет испытания	Эффективная длина испытуемого образца/м	Требуемые электрические свойства
1	Частота питания сухого пробивного напряжения / кВ	0.5	≥ 170
2	Ток утечки по частоте мощности при постоянной высокой влажности ¹ / μA	0.5	≤ 100
3	Частота утечки частоты погружения ¹¹ / μA	0.5	≤ 150
4	Дождевая мощность, частота проблескового напряжения ¹¹¹ /кВ	1.5	≥ 60
5	Ток утечки промышленной частоты при постоянной высокой влажности после вытягивания разрушающей нагрузки на 50 % / μA	0.5	≤ 100
6	Частота утечки тока при высокой влажности после промывки/ μA	0.5	≤ 100
7	Частота утечки тока при высокой влажности после истирания/ μA	0.5	≤ 100

¹ Условия испытаний: относительная влажность 90%, температура 20°C, 168 ч и подача напряжения 100 кВ.

¹¹ Условия испытаний: удельное сопротивление воды 100 Ом • см, погружение на 15 мин, устранение поверхностных капель воды и подача напряжения 100 кВ.

¹¹¹ Условия испытаний: количество осадков от 1 до 1,5 мм / мин и удельное сопротивление воды 100 Ом • см

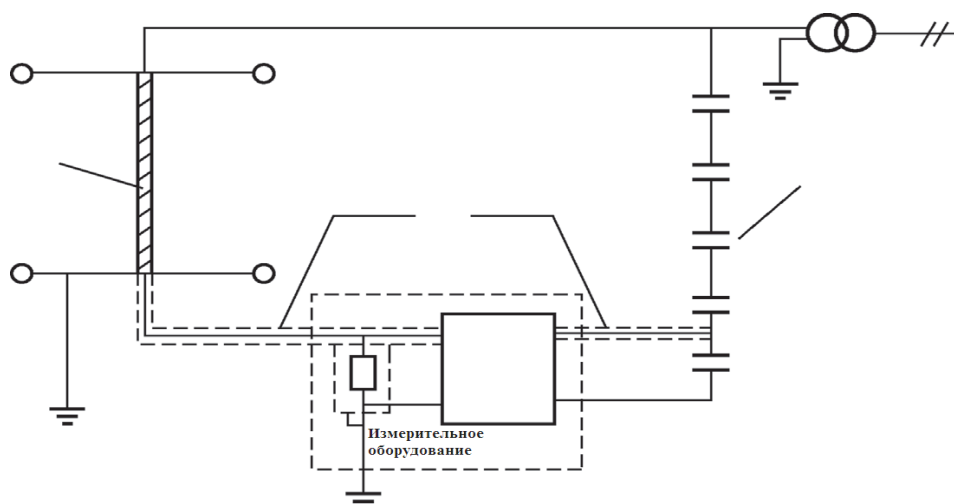


Рис. 5.8 Схема проверки утечки частоты тока, для изолирующего каната. 1 - образец испытания; 2 - экранирующий провод; 3 - емкостный (или резистивный) делитель напряжения.

2) Проверка механических свойств. Объектом испытания является механический удар. Цикл испытаний не должен превышать 6 месяцев.

Испытание на механический удар основано на функции ручного электротехнического инструмента. Например, схема испытания устройства маятникового удара показана на рис. 5.9. Твердость испытательного маятника должна составлять не менее HRC20. Энергия удара W , приложенная к испытанному инструменту, равна энергии, получаемой от падения инструмента с высоты 2 м на твердую плоскую поверхность. Формула расчета высоты падения испытательного маятника

$$H = W/P = 2F/P \quad (5.2)$$

Где,

H - высота, на которую падает испытательный маятник, м;

F - сила тяжести испытуемого инструмента, Н;

P - сила тяжести испытательного маятника, Н.

Следует выбрать как минимум три разные контрольные точки в ручном изолированном инструменте. Ручной инструмент можно считать проходящим

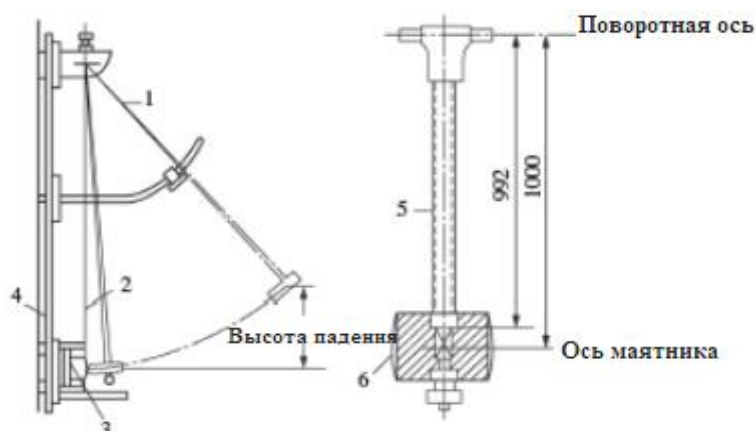


Рис. 5.9 Схема устройства для испытания на механический удар. 1 - регулируемый поворотный мост; 2 - вертикальная плоскость; 3 - образец испытания; 4 - рамка; 5 - стальная труба; 6 - маятник

Испытание, если изолированный материал не поврежден или не отслаивается или не возникает трещин через изолирующий слой.

3) Электрическое профилактическое испытание. Объектом испытания является выдерживаемое напряжение промышленной частоты, и цикл профилактических испытаний, который должен составлять не более 12 месяцев.

Изолирующий ручной инструмент должен быть помещен в непроводящую опору, а электроды подключены к обоим концам. Во время испытания на выдерживаемое напряжение промышленной частоты испытательное напряжение должно доходить до 10 кВ, а продолжительность подачи напряжения должна составлять 3 мин. Изолирующий ручной инструмент может считаться квалифицированным, если нет явного нагрева, поломки, разряда или пробоя.

5.2.6. Испытание изоляционных экранирующих покрытий

1) Экранирующая крышка гибкого провода

Экранирующие покрытия с гибким проводом обычно включают пять типов, а именно: прямой тип трубки (А), прямой тип трубки с шарниром (В), нижний край типа тапочки (С), нижний край типа тапка с

шарниром (D) и самоблокирующийся тип (Е). Существуют также другие типы специально разработанных чехлов, используемых для удовлетворения потребностей специальных целей. Экранирующие оболочки из гибкого провода обычно изготавливаются из резиновых и гибких пластмассовых изоляционных материалов.

1) Внешний вид и размерный контроль. На верхней и нижней поверхности, различных типов защитных покрытий, не должно быть вредных дефектов. Они могут быть такими как прокол, трещина, местное поднятие, надрез, токопроводящий мусор, складки, пустоты или вогнуто-выпуклые гофры. Образцы должны проверяться один за другим, путем визуальной проверки всего устройства и крепежного устройства с точки зрения размера и наличия любого дефекта.

2) Электрическое профилактическое испытание. Объекты испытания электрических свойств, для защитной крышки гибкого провода, включают в себя испытание на переменное напряжение и испытание на постоянное напряжение, и цикл испытаний должен составлять 6 месяцев. Продолжительность подачи напряжения должна составлять 1 мин. Электрические свойства соответствовать таблице 5.17. Экранирующая оболочка гибкого провода может считаться квалифицированной, если нет короны, пробоя, пробоя или явного нагрева. Испытательные электроды и схема испытаний показаны на рис. 5.10. Внутренний электрод использует провода, тогда как внешний электрод использует металлическую фольгу, обертывающую защитную крышку. [4] Расстояние ползучести между краем внешнего электрода и краем защитного покрытия составляет около (65 ± 5) мм.

Таблица 5.17. Испытание выдерживаемых напряжений защитного покрытия гибкого провода.

Уровень	Номинальное напряжение/кВ	Выдерживаемое переменное напряжение/кВ (действующее значение)	Выдерживаемое напряжение постоянного тока/кВ (среднее значение)
0	0.38	5	5 (10 кВ для уровня 0 типов С и D)
1	3	10	30
2	6.10	20	35
3	20	30	50

Примечание. Уровень 0 Типа С - это тапочки с нижним краем, а Уровень 0 Типа D - тапочки с нижним краем с шарниром.

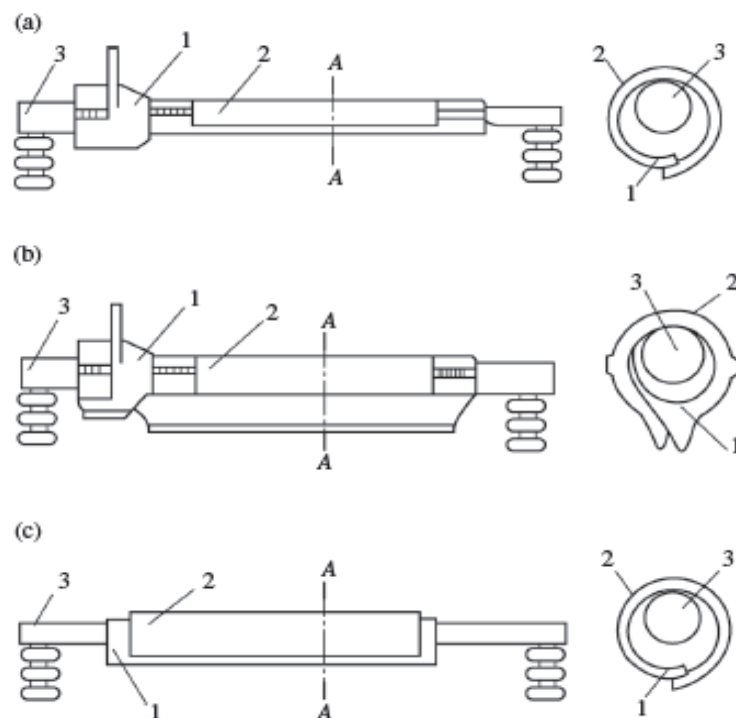


Рис. 5.10. Электродная диаграмма для испытания на переменное напряжение гибких проводов. а) расположение электродов и схема профиля для защитных крышек гибких проводов типов А и В; (b) Расположение электродов и схема профиля для защитных крышек гибких проводов типов С и D; (c) Расположение электродов и диаграмма профиля для защитной крышки гибкого провода типа Е 1 - защитная крышка для провода; 2 - внешний электрод; 3 - внутренний электрод.

2) Другие виды изолирующих покрытий

В дополнение к диэлектрическим покрытиям для проводов, в зависимости от различных применений, существуют и другие типы экранирующего покрытия, которые также включают специальные экранирующие кожухи для штыревых изоляторов, натяжных устройств, подвесных устройств, зажимов, стержневых изоляторов, опор, траверс, муфт и отводов. Предохранители, а также другие защитные покрытия, предназначены для объектов, подлежащих покрытию. Они изготовлены из эпоксидной смолы, пластмасс, пластикового цемента, полимера и других изоляционных материалов.

1) Внешний вид и размерный контроль. На верхней и нижней поверхности, различных типов защитных крышек, не должно быть опасных дефектов. Дефекты могут быть такими как прокол, трещина, местное поднятие, надрез, токопроводящий мусор, складки, пустота или вогнуто-выпуклая гофра. Образцы должны проверяться один за другим путем визуальной проверки всего устройства и крепежного устройства с точки зрения размера и наличия любого дефекта.

2) Электрическое профилактическое испытание. Элементом испытания электрических свойств экранирующего покрытия является испытание на стойкость к переменному напряжению, и цикл испытаний должен составлять 6 месяцев. Что касается испытания на выдерживаемое напряжение переменного тока на защитной крышке, продолжительность подачи напряжения должна составлять 1 мин. Электрические свойства должны соответствовать таблице 5.18. Экранирующее покрытие может считаться квалифицированным, если нет короны, пробоя или явного нагрева. Расположение испытательного электрода показано на рис. 5.11.

Таблица 5.18 Напряжение переменного тока защитного покрытия.

Уровень	Номинальное напряжение/кВ	Выдерживаемое переменное напряжение / кВ (действующее значение)
0	0.38	5
1	3	10
2	6, 10	20
3	20	30

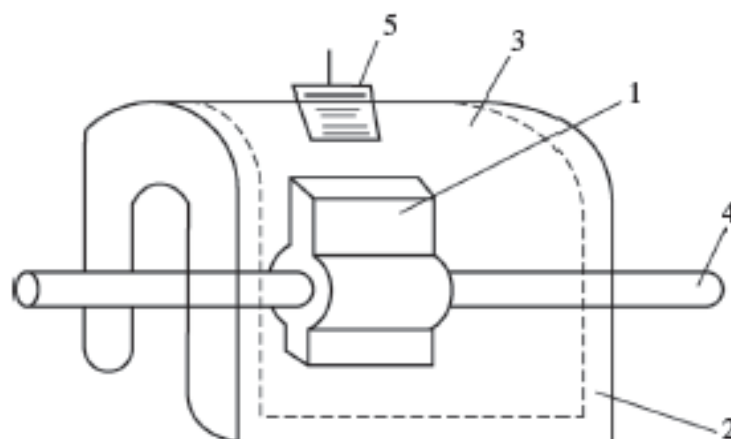


Рис. 5.11. Схема расположения испытательных электродов для защитного покрытия. 1 - подлежащий покрытию компонент; 2 - защитная бухта; 3 - металлическая фольга; 4 - электрод высокого напряжения; 5 - заземленный электрод.

Электрод высокого напряжения подключен к внутренним проводам, тогда как заземленный электрод подключен к металлической фольге, закрывающей защитную крышку. Расстояние ползучести между краем металлической фольги и краем защитного покрытия составляет около (65 ± 5) мм.

3) Комбинированное электрическое профилактическое испытание.

Когда отдельные экранирующие покрытия, имеющие различные функции, объединяются в качестве изолирующей экранирующей системы, система должна подвергаться объединённому электрическому испытанию. Продолжительность подачи напряжения должна составлять 1 мин. Электрические свойства должны соответствовать таблице 5.18. Экранирующую систему можно считать квалифицированной, если нет короны, пробоя или явного нагрева.

1) Экранирующее покрытие гибкого провода. Два испытательных образца объединяются в соответствии с требованиями разработанной комбинированной сборки. Схема испытания должна проводиться в соответствии с методом испытания электрических свойств, для защитных покрытий гибких проводов. Каждый испытательный образец должен выдерживать испытание на стойкость к переменному и постоянному напряжению. При выполнении комбинированного испытания два комбинированных образца испытания можно рассматривать как один образец испытания с одинаковым классом напряжения. Важно отметить, что в это время внешний электрод должен контактировать с соединительной частью.

2) Другие виды защитных покрытий. Два испытательных образца объединяются в соответствии с требованиями сборки. Каждый испытательный образец должен выдерживать испытание на переменное напряжение. При проведении испытания комбинированной сборки испытательное напряжение должно подаваться на весь комбинированный испытательный образец (включая соединительную часть), а внешний и внутренний электроды, устанавливаются как обязательные элементы.

4) Проверка механических свойств.

Изоляционные экранирующие покрытия в основном изготавливаются из синтетических изоляционных материалов. В процессе производства крышки часто подвергаются высокотемпературной

термообработке, поэтому свойства материалов могут изменяться. По этой причине при использовании на месте изолирующие экранирующие покрытия должны соответствовать требованиям механической прочности, и иметь свойства жаростойкости и морозостойкости. Поэтому изолирующие экранирующие покрытия должны испытываться на предмет их механических свойств. Испытательные элементы включают в себя: испытание на тренажере, механическое испытание при низких температурах, испытание на изгиб гибких защитных покрытий и испытание на прочность жестких защитных покрытий. Эти испытания обычно выполняются во время типового испытания или проверки образцов продукта.

5.2.7. Испытания диэлектрических покрытий

1) Внешний вид и размерный контроль

На верхней и нижней поверхности диэлектрического коврика, не должно быть вредных дефектов. Они могут быть такими как прокол, трещина, местное поднятие, надрез, токопроводящий мусор, складки, пустота или вогнуто-выпуклая гофра.

Измерение толщины и осмотр должны выполняться в соответствии с соответствующими стандартами путем случайного выбора более пяти различных позиций по всему коврику. Следует использовать микрометр или любой другой метр, с такой же точностью измерения. Точность микрометра должна быть в пределах 0,02 мм. Диаметр измерительного сверла должен составлять 6 мм, а диаметр плоской прижимной лапки должен составлять $(3,17 \pm 0,25)$ мм. Прижимная лапка должна быть способна оказывать давление $(0,83 \pm 0,03)$ Н. Изолирующая прокладка должна быть плоской, чтобы поверхность, измеряемая микрометром, была гладкой. [5]

2) Электротехнические профилактические испытания

Объектом испытания является переменное напряжение. Цикл профилактических испытаний должен составлять не более 6 месяцев.

Электроды для испытания на выдерживаемое напряжение состоят из двух коаксиально расположенных металлических цилиндров, как показано на рис. 5.12. Радиус кривизны R кромки цилиндра должен составлять 3 мм. Один из электродов должен иметь высоту 25 мм и диаметр 25 мм; другой должен иметь высоту 15 мм и диаметр 75 мм. Испытательный образец должен быть закреплен между двумя металлическими электродами, и все устройство должно быть погружено в изолирующую жидкость (например, изолирующее масло для трансформатора). Испытуемый образец не должен касаться масляного бака. Стандартные испытательные напряжения приведены в таблице 5.19. Продолжительность подачи напряжения должна составлять 1 мин. Диэлектрический коврик может считаться квалифицированным, если нет короны, пробоя, пробоя или явного нагрева. [6]

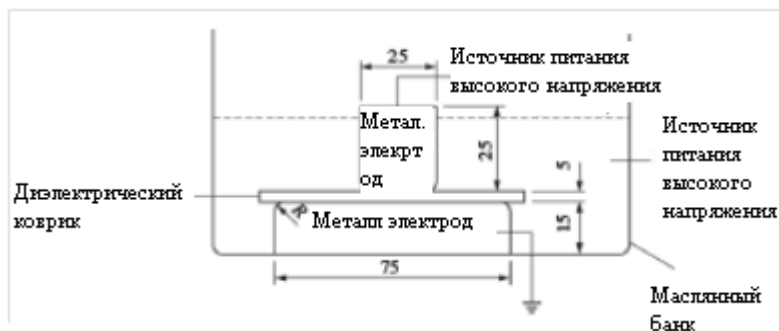


Рис. 5.12 Схема расположения испытания на выдерживаемое напряжение диэлектрического коврика.

Таблица 5.19. Испытание переменным током выдерживаемого напряжения диэлектрического коврика.

Уровень	Номинальное напряжение (кВ)	Испытательное напряжение (кВ)	Уровень	Номинальное напряжение (кВ)	Испытательное напряжение (кВ)
0	0.38	5	2	10	20
1	3	10	3	20	30

3) Испытание механических свойств

Объекты испытания для диэлектрического коврика включают в себя испытания на прочность на растяжение и удлинение, испытание на сопротивление механическому проколу и испытание на постоянную деформацию при растяжении. Диэлектрический коврик также должен быть подвергнут испытанию на сопротивление скольжению. Эти испытания обычно выполняются во время типового испытания или проверки образцов продукта.

5.2.8 Испытание изолирующей спецодежды (накладки).

1) Внешний вид и размерный контроль

Полный комплект изолирующей одежды должен быть выполнен без швов, а куртки и брюки должны быть в хорошем состоянии. Как внутренние, так и внешние поверхности должны быть в хорошем состоянии, без глубоких царапин, трещин, складок или явных дефектов. Размер должен соответствовать соответствующим стандартам.

2) Испытание на механические свойства

Объектом испытания является прочность, на растяжение и удлинение, испытание на сопротивление механическому проколу и испытание на постоянную деформацию при растяжении. Эти испытания обычно выполняются во время типового испытания или проверки образцов продукта.

3) Электрическое профилактическое испытание

Объектом испытания является переменное напряжение. Цикл профилактических испытаний должен составлять не более 6 месяцев.

Следует проверить грудь, спину, левый рукав и правый рукав изолирующего слоя, а также верхнюю и нижнюю части левой и правой ног и швы изолирующих брюк. Испытательное выдерживаемое напряжение должно соответствовать таблице 5.20, а продолжительность подачи напряжения должна составлять 1 мин.

Таблица 5.20 Испытание на выдерживаемое напряжение изолирующей одежды (накладки).

Класс одежды	Номинальное напряжение (кВ)	Выдерживаемое переменное напряжение (кВ) (действующее значение)
0	0.38	5
1	3	10
2	10	20
3	20	30

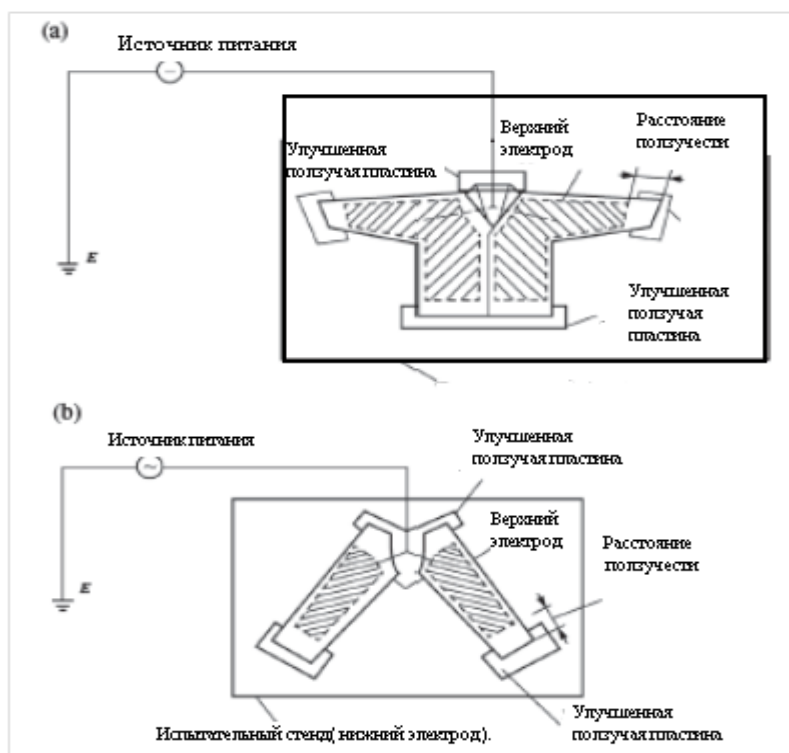


Рис. 5.13 Схема расположения испытания на выдерживаемое напряжение изолирующей одежды. (а) изоляционное покрытие; (б) изолирующие брюки.

Изоляционная одежда (накладки) может рассматриваться как квалифицированная, если на ней нет пробоя, дефекта или признаков нагрева.

На рис. 5.13 показано расположение электродов для испытания изолирующей одежды. Электроды состоят из двух влажных электродов, которые изготовлены из губок или других абсорбирующих материалов, и формы внутреннего и внешнего электродов соответствуют внутренней и внешней форме изолирующей одежды. Чтобы не вытягивать изолирующую одежду силой, она должна быть плоской между внутренними и внешними электродами. Электроды должны быть сконструированы и обработаны таким образом, чтобы электрическое поле между электродами было однородным и не возникало короны. Длина ползучей пластины между краем электрода и изолирующим краем одежды должна быть 65 мм.

Также должны быть приняты следующие меры предосторожности, при испытании изолирующей одежды на напряжение:

1) Чтобы предотвратить возникновение ползучего пробоя на краю изолирующей одежды, расстояние между выводами высокого напряжения и краем изолирующей одежды должно соответствовать принятым требованиям, или выводы высокого напряжения могут вводиться через изолирующую втулку.

2) Испытательное напряжение должно начинаться с более низкого значения и постепенно повышаться со скоростью около 1000 В/с. Синхронизация начинается при достижении необходимого испытательного напряжения.

3) Чтобы выполнить испытание на сопротивление силовой частоте в направлении слоя, для изолирующей одежды (накладки), электроды должны состоять из двух влажных электродов, которые изготовлены из губок или других абсорбирующих материалов, и форма внутренних и внешних электродов должна соответствовать внутренним и внешним формам утепляющей одежды. Электроды должны быть сконструированы и обработаны таким образом, чтобы электрическое поле между электродами было однородным и не возникало короны. Расстояние ползучести между краем электрода и краем изолирующей одежды должно составлять (65 ± 5) мм. Чтобы не вытягивать изолирующую одежду силой, она должна быть плоской между внутренними и внешними электродами. Сухую хлопчатобумажную ткань следует использовать для протирания воды в изолирующей одежде вокруг электродов.

5.2.9 Испытание диэлектрических перчаток

1) Внешний вид и размерный контроль

Проверка внешнего вида и глубины выполняется в основном визуально, а для определения степени дефектов используются измерительные инструменты. Изоляционные перчатки должны быть выполнены без дефектов, а внутренняя и внешняя поверхности должны быть в хорошем состоянии, без глубоких царапин, трещин, складок или видимых отверстий. Размер должен соответствовать действующим стандартам.

2) Испытание на механические свойства

Объекты испытания включают в себя испытания на прочность на растяжение и удлинение, испытание на механическую прочность на прокол и испытание на постоянную деформацию при растяжении. Эти испытания обычно выполняются во время типового испытания или проверки образцов продукта.

3) Электротехнические профилактические испытания.

Объекты испытания включают испытание на выдерживаемое напряжение переменного тока и испытание на выдерживаемое напряжение постоянного тока, и цикл профилактических испытаний должен составлять не более 6 месяцев.

Испытание следует проводить при температуре окружающей среды (23 ± 2)°C. Заполните немного воды с удельным сопротивлением не более 750 Ом • см в предварительно смоченной испытательной перчатке. Затем погрузите перчатку в емкость, наполненную той же водой. Сделайте внутреннюю и внешнюю горизонтальные поверхности перчатки одинаковыми по высоте, как показано на рис. 5.14 (а). D1 подходит для перчаток с круглой манжетой, а D2 - для перчаток с плоской манжетой. Длина части над поверхностью воды должна соответствовать таблице 5.20. Допустимая погрешность глубины погружения составляет ± 13 мм. В воде не должно быть пузырьков и щелей. Перед испытанием высушите верхнюю часть перчатки, которая находится над поверхностью воды. Поместите контейнер, удерживающий воду над изолирующей опорой сбалансированным образом. Подключение электрода для испытания показано на рис. 5.14 (б).

Испытательные выдерживаемые напряжения должны соответствовать таблице 5.21. Продолжительность подачи напряжения должна составлять 1 мин. Изоляционные перчатки можно считать квалифицированными, если нет короны, пробоя, дефектов или признаков нагрева.

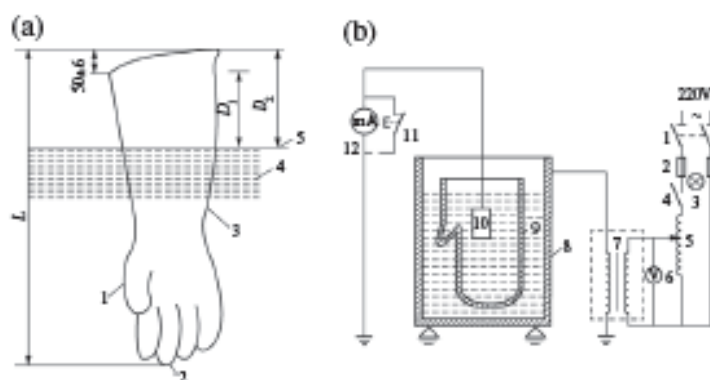


Рис. 5.14 Схема расположения испытания изоляционных перчаток. (а) Глубина погружения 1 - большой палец; 2 - средний палец; 3 - перчатка; 4 - вода; 5 - горизонтальная линия. (б) тестовое соединение переменного тока 1 - разъединитель; 2 - хрупкий предохранитель; 3 - сила света; 4 - переключатель перегрузки (реле максимального тока также применимо); 5 - регулятор напряжения; 6 - измеритель напряжения; 7 - трансформатор; 8 - метизы для удержания воды; 9 - образец испытания; 10 - электрод; 11 - миллиамперметр короткого замыкания; 12 - миллиамперметр.

Таблица 5.21. Глубина погружения для испытания на выдерживаемое напряжение изолирующих перчаток.

Характеристика модели		Испытание на переменное напряжение		Испытание на постоянное напряжение	
Модель	Номинальное напряжение/кВ	Испытательное напряжение/кВ	Длина части над поверхностью воды/мм	Испытательное напряжение / кВ	Длина части над поверхностью воды/мм
1	3	10	65	20	100
2	10	20	75	30	130
3	20	30	100	40	150

5.2.10. Испытание диэлектрической обуви

1) Внешний вид и размерный контроль

Диэлектрическая обувь - это, как правило, ботинки на плоских каблуках с нескользким рисунком. Следовательно, поврежденная диэлектрическая обувь, у которых нескользкие зубья подошвы гладкие или шлифованные, у которых обнажены изолирующие слои, не должны использоваться в качестве изолирующей обуви. Проверка внешнего вида и глубины в основном выполняется визуально, а измерительные инструменты используются для определения степени дефектов. Диэлектрическая обувь должна быть выполнена без дефектов, а внутренняя и внешняя поверхности должны быть в хорошем состоянии без глубоких царапин, трещин, складок или видимых отверстий. Размер должен соответствовать действующим стандартам.

2) Испытание на механические свойства

Объекты испытания включают в себя испытание на растяжение, испытание на износостойкость, испытание на твердость по Шору А, испытание на прочность, на изгиб и верхнюю адгезию, испытание на прочность отрыва верхней части и подошвы, и испытание на сопротивление складыванию. Эти испытания обычно выполняются во время типового испытания или проверки образцов продукта.

3) Электротехнические профилактические испытания

Объектом испытания является переменное напряжение. Цикл профилактических испытаний должен составлять не более 6 месяцев.

Испытательные напряжения переменного тока должны соответствовать таблице 5.22. Продолжительность подачи напряжения должна составлять 1 мин. Диэлектрическую обувь можно считать квалифицированной, если нет ореола, пробоя, дефектов или очевидного нагрева. Схема проведения испытаний показана на рис. 5.15.

Таблица 5.22 Испытания на выдерживание напряжения переменного тока диэлектрической обуви.

Номинальное напряжение/кВ	Выдерживаемое напряжение/кВ(эффективное значение)
0.4	3.5
3-10	15

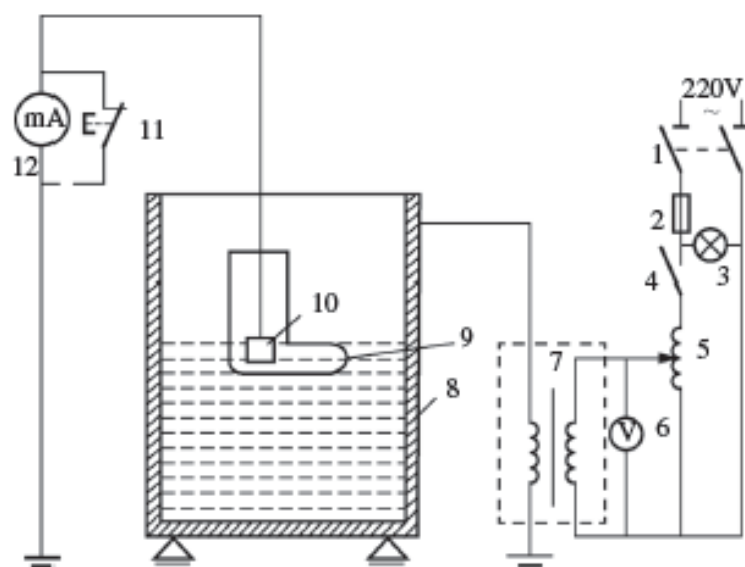


Рис. 5.15. Схема расположения испытания на выдерживаемое напряжение диэлектрической обуви. 1 - выключатель; 2 - хрупкий предохранитель; 3 - сила света; 4 - переключатель перегрузки (реле максимального тока также применимо); 5 - регулятор напряжения; 6 - измеритель напряжения; 7 - трансформатор; 8 - метизы для удержания воды; 9 - образец испытания; 10 - электрод; 11 - миллиамперметр короткого замыкания; 12 - миллиамперметр.

5.2.11. Испытания диэлектрических касок.

1) Внешний вид и размерный контроль

Внутренняя и внешняя поверхности диэлектрической каски должны быть в хорошем состоянии, без царапин, трещин или отверстий, а их размеры должны соответствовать действующим стандартам.

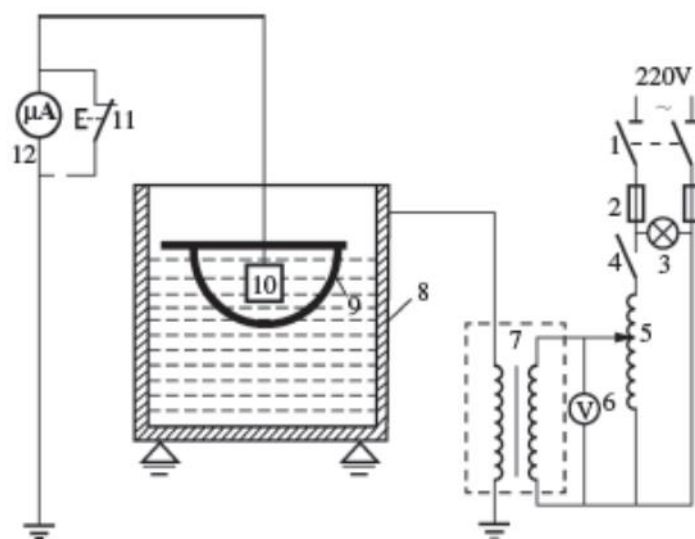


Рис. 5.16. Схема расположения испытания на сопротивление напряжения диэлектрической каски. 1 - выключатель; 2 - хрупкий предохранитель; 3 - сила света; 4 - переключатель перегрузки (реле максимального тока также применимо); 5 - регулятор напряжения; 6 - измеритель напряжения; 7 - трансформатор; 8 - метизы для удержания воды; 9 - образец для испытаний; 10 - электрод; 11 - миллиамперметр короткого замыкания; 12 - миллиамперметр.

2) Испытание на механические свойства

Объекты испытания включают в себя испытание на ударную прочность и испытание на стойкость к проникновению, которые в основном используются для проверки свойств амортизации и сопротивления проколу каски. Эти испытания обычно выполняются во время типового испытания или проверки образцов продукта.

3) Электрическое профилактическое испытание.

Объектом испытания является переменное напряжение. Цикл профилактических испытаний должен составлять не более 6 месяцев.

Чтобы выполнить испытание на выдерживаемое переменное напряжение на диэлектрической каске, необходимо положить каску вверх дном в емкость с испытываемой водой и ввести в нее воду. Расположение электродов аналогично методу испытаний для изолирующих перчаток, как показано на рис. 5.16. Испытательное напряжение должно начинаться с более низкого значения и постепенно повышаться до 20 кВ со скоростью около 1000 В / с. Продолжительность подачи напряжения должна составлять 1 мин. Каску можно считать квалифицированной, если нет пробоя, поломки или очевидного нагревания.

Литература

- 1 IEC 61278, Live working – Guidelines for dielectric testing of tools and equipment, 1997.
- 2 IEC 60060, High-voltage test techniques, 2000.
- 3 Wichmann, D. P.; Saha, T. K.: Diagnostic testing for the determination of quality of live-line ropes. Proceedings The Sixth International Power engineering Conference (IPEC 2003), 27–29 November 2003, Singapore.
- 4 I. Kishizima, K. Matsumoto and Y. Watanabe "New facilities for phase-to-phase switching impulse tests and some test results", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, 1984, Vol. PAS-103, No. 6, pp.1211–1216.
- 5 Hu Yi. Live Working Technology on Distribution Lines[M]. Beijing: China Power Press, 2002.
- 6 Li Tianyou, Lin Qiujin. Practical Skills in MV-LV Distribution Network[M]. Beijing: China Power Press, 2012.

6

Применение подъемных устройств с изолирующими звеньями и платформами

Европейские и американские страны начали разрабатывать подъемные устройства с изолирующими звеньями с 1930-х годов и эти устройства стали широко применяться после 1950-х годов. Использование подъемных устройств с изолирующими звеньями для работы под напряжением обеспечивает преимущество удобства при подъеме, высокой маневренностью, большим радиусом работы, высокой механической прочностью и высокими электроизолирующими свойствами, также они широко используются при работе под напряжением на распределительных линиях. Изолирующие платформы - это рабочие инструменты при проведении работ под напряжением, характеризующиеся простой конструкцией, удобным использованием и надежной эксплуатацией, которые подходят для операций, недоступных для подъемных устройств с изолирующими звеньями.

6.1.1 Подъемные устройства с изолирующими звеньями

6.1.1.1 Подъемные устройства с изолирующими звеньями: Введение

Подъемные устройства с изолирующими звеньями подразделяются по типам стрел на устройства со складными стрелами, прямыми стрелами, многозвенными стрелами, стрелами вертикального подъема и гибриды. Они также классифицируются по классу напряжения рабочих линий: 10 (кВ), 35 (кВ) и 110 (кВ). [1]

Подъемные устройства с изолирующими звеньями состоят из шасси, изолированной корзины, рабочей стрелы и шарнирной части корзины (см. рис. 6.1). Изолированная корзина, рабочая стрела и шарнирная часть корзины должны соответствовать определенным требованиям к изолирующим свойствам. Изолирующие звенья изготовлены из эпоксидной смолы, усиленной стекловолокном с цилиндрической или прямоугольной структурой поперечного сечения и отличаются легким весом, высокой механической прочностью, хорошими электроизоляционными свойствами и высокой гидрофобностью, обеспечивая электромонтера, работающего на линии под высоким напряжением защитной изоляцией относительно земли.



Рис 6.1 Подъемные устройства с изолирующими звеньями. (а) прямой тип стрелы; (б) складной тип стрелы.

Изолированная корзина включает в себя однослойную корзину и двухслойную корзину. Корзина для наружного слоя изготовлена из пластика, армированного волокном, а корзина для внутреннего слоя - из ПТФЭ. Изолированная корзина должна иметь высокую электроизоляционную прочность и вместе с изолирующим звеном представлять собой продольную изоляцию между фазой и землей, гарантирующую, что утечка тока во всем устройстве меньше 500 (мкА). Во время работы, даже если изолированная корзина соприкасается с двумя линейными проводами одновременно, переброса тока утечки не произойдет. Управление положением изолированной корзины может выполняться непосредственно оператором сверху, на изолирующем звене или контролироваться оператором снизу, в кабине оператора. Как верхняя, так и нижняя части некоторых подъемных устройств могут осуществлять гидравлическое управление и иметь функции вращения как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях. [2]

Использование подъемных устройств с изолирующими звеньями для проведения работ под напряжением является удобным, гибким и широко применяемым методом с низкой трудоемкостью.

1). Рабочая среда подъемного устройства с изолирующим звеном. Подъемное устройство с изолирующим звеном должно работать при нормальной рабочей среде со скоростью ветра 10,8 (м/с), температурой окружающей среды от -5 до + 40°C и относительной влажностью не более 90%. В районах высотой 1000 м и выше подъемное устройство с изолирующим звеном должно иметь мощность шасси, подходящую для стабильного перемещения и работы, исключая воспламенения во время движения и эксплуатации. Кроме того, всякий раз, когда высота увеличивается на 100 м, уровень изоляции изолятора должен увеличиваться на 1% соответственно. [3]

2). Требования к эксплуатационным характеристикам

1). Изолированная корзина должна стабильно и точно выполнять подъем и опускание без застреваний, вибраций, ударов и аномального увеличения силы движения, обладать превосходными характеристиками микроперемещения.

2). Скорость подъема и опускания изолированной корзины не должна превышать 0,5 м/с, и безопасное торможение можно выполнять в любом положении во время подъема, выполняемого корзиной при номинальной нагрузке.

3). Для подъемного устройства, которое оборудовано двумя устройствами управления изолированной корзиной и поворотной платформой, поворотная платформа должна иметь те же функции управления, что и корзина и может превосходить изолированную корзину с точки зрения управления (т. е. Поворотная платформа имеет приоритет в управлении). Панель управления изолированной корзиной должна быть установлена в месте, где оператору легко управлять ей, также должно быть установлено средство для предотвращения случайного прикосновения к панели.

4). Поворотный механизм подъемного устройства должен иметь возможность вращаться в положительном и отрицательном направлениях или полностью вращаться на 360°. Во время вращения линейная скорость на внешней кромке корзины не должна превышать 0,5 (м/с). Во время вращения поворотного механизма подъем, вращение и торможение должны быть плавными и точными, без тряски или толчков, а характеристики микроподвижности должны быть оптимальными.

5). Во всех направлениях рукоятка управления должна работать в том же направлении, что и направление движения контролируемого оборудования. Как только оператор отпускает рукоятку управления, рукоятка должна иметь функцию возвращения в нейтральное положение и автоматически останавливаться. Рукоятка управления не должна сдвигаться из-за вибрации и других факторов.

6). Гидравлическая система подъемного устройства должна быть оборудована предохранительным устройством, предотвращающим перегрузку и гидравлическое воздействие. Регулировочное давление предохранительного перепускного клапана, как правило, подчиняется заводским инструкциям и обычно не должно превышать в 1,1 раза номинальное рабочее давление системы.

3) Рабочий диапазон

Подъемное устройство с изолирующим звеном имеет свой диапазон рабочих режимов. Перед использованием подъемного устройства с изолирующим звеном необходимо знать его рабочий диапазон. Диапазон работы подъемного устройства складного типа стрелы с изолирующим звеном состоит из двух круговых дуг, показанных на рис.6.2, в зависимости от длины складной стрелы и оси. Рабочая область телескопического подъемного устройства с изолирующим звеном представляет собой дугу окружности с осью, принимаемую за центр и длину линии, принимаемую за радиус вылета стрелы, как показано на рис. 6.3.

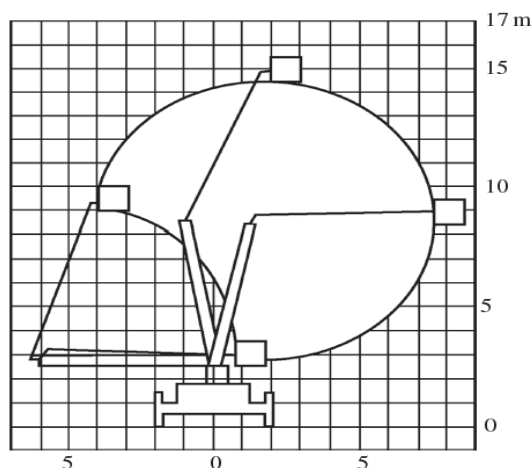


Рис. 6.2 Схема рабочей области подъемного устройства выдвигной стрелы с изолирующим звеном.

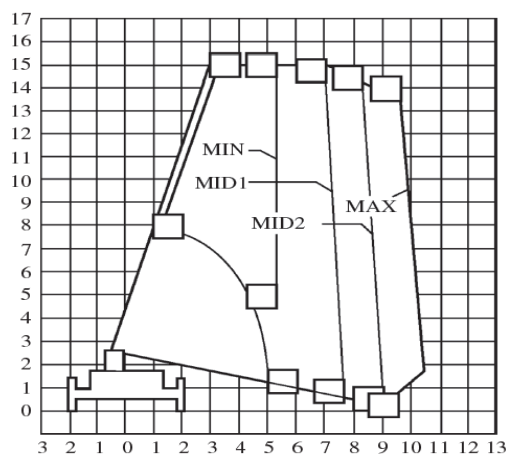


Рис. 6.3. Диаграмма рабочего диапазона телескопического подъемного устройства с изолирующим звеном. MIN - минимальное выдвижение опоры; MID1 - выдвижение опоры до шестерни 1; MID2 - выдвижение опоры до шестерни 2; МАКС - максимальное выдвижение опоры.

6.1.2 Применение и эксплуатация подъемных устройств с изолирующими звеньями

1) Проверка перед эксплуатацией

1) Проведите визуальный осмотр вокруг подъемного устройства с помощью изолирующего звена. Проверьте на утечку масла и признаки любых повреждений или деформаций корпуса подъемного устройства и изолированной корзины.

2) Запустите двигатель, чтобы создать давление масла. Используйте горизонтальные опоры и вертикальные опоры и выдвиньте их. Проверьте, нет ли утечки масла в масляном цилиндре во время накопления. После включения коробки отбора мощности проверьте вал трансмиссии на предмет аномального шума. Если вертикальные опоры естественным образом опрокидываются после выдвижения, продолжите осмотр.

3) Проверьте объем гидравлического масла.

4) Проверьте и подтвердите правильную работу ограничителя.

5) Проверьте угол смещения равновесия изолированной корзины. Повторите операцию с верхней и нижней стрелам и проверьте, остается ли изолированная корзина на нужном уровне.

6) Работой рычагов управления внутри корзины проверьте все компоненты на предмет нормальной работы и аномального шума.

2) Этапы и методы эксплуатации

Правильное использование и эксплуатация подъемного устройства с изолирующим звеном обеспечивает как безопасность использования подъемного устройства, так и личную безопасность операторов. Операции могут отличаться в зависимости от разных производителей и моделей. Пожалуйста, обратитесь к инструкции по эксплуатации, предоставленной соответствующим производителем. Основные этапы и методы работы следующие.

1) Пуск двигателя

- i) Проверьте, установлен ли парковочный тормоз, и установите нескользкую треугольную колодку на шину.
- ii) Убедитесь, что рычаг переключения передач находится в положении парковки (P), а переключатель коробки отбора мощности переведен в положение «OFF». Рычаг переключения передач должен находиться в положении парковки (P). В противном случае подъемное устройство может перемещаться при запуске или остановке двигателя.
- iii) Нажмите педаль сцепления до упора и запустите двигатель.
- iv) Удерживая педаль сцепления нажатой, установите переключатель отбора мощности в положение «ВКЛ». В это время таймер запускается. Таймер показывает суммарное время использования гидравлической системы.
- v) Медленно отпустите педаль сцепления.
- vi) Создайте давление масла с помощью вышеуказанных шагов.
При низкой температуре зимой, пожалуйста, дайте двигателю прогреться около 5 минут.
- vii) Работа ускорителя на высоких и малых скоростях.

Переключите ускоритель на высокую скорость, чтобы увеличить обороты двигателя, обеспечить устойчивость опор и повысить эффективность работы. Во время работы стрелы, чтобы предотвратить перегрев гидравлического масла, отрегулируйте ускоритель на промежуточную или холостую скорость. Во время работы не используйте педаль ускорителя и ручной ускоритель в кабине для увеличения скорости двигателя. Это приведет к резкому повышению температуры гидравлического масла и поломке.

2) Управление выдвижением опор

- i) Работа горизонтальных опор. В четырех рычагах трансформирования опоры выберите для управления горизонтальный рычаг трансформирования опоры, и переключитесь в положение «Горизонтально»; потяните рычаг управления «Выдвинуть и втянуть» в положение «Выдвинуть», и горизонтальные опоры будут выдвинуты. Если горизонтальные опоры подъемного устройства с изолирующим звеном имеют разные диапазоны открытия, рабочий диапазон стрелы может регулироваться оператором в зависимости от диапазона. Перед операцией выдвижения необходимо убедиться, что в направлении выдвижения горизонтальных опор нет людей или препятствий. Если подъемное устройство с изолирующим звеном не оснащено датчиком диапазона открытия опор, горизонтальные опоры должны быть расширены до максимального диапазона. В противном случае подъемное устройство может быть наклонено. Поместите опорные плиты в соответствующее положение.
- ii) Работа вертикальных опор. Переключите четыре рычага трансформирования опор в положение «Вертикально». Выдвиньте рабочий рычаг «Выдвинуть и втянуть» в положение «Выдвинуть», и вертикальные опоры будут выдвинуты. Перед установкой опор необходимо убедиться в отсутствии препятствий между опорами и опорными плитами. После установки вертикальных опор убедитесь в соответствии следующим трем пунктам.
 - a) Все колеса подняты над землей.
 - b) Индикатор максимальной дальности открытия горизонтальных опор и индикатор посадки вертикальных опор включены. Встряхните все опоры вручную, чтобы убедиться в надежности посадки.
 - c) Сооружение находится на необходимом уровне. Подъемное устройство может быть отрегулировано датчиком измерения уровня (если имеется). Если вышеуказанные три пункта не удовлетворены, используйте соответствующие опоры и отрегулируйте длину выдвижения или добавьте опорные плиты. Если горизонтальные опоры не выдвинуты, колеса не оторваны от земли или вертикальные опоры не установлены надежно, подъемное устройство может быть опрокинута. Отведите все рычаги управления опорами в среднее положение и закройте крышку блока управления опорами. Категорически запрещается привязывать опоры к зданию или загружать тяжелые предметы на опоры, чтобы увеличить рабочий радиус. В противном случае могут произойти серьезные несчастные случаи, такие как наклон подъемного устройства или повреждение рабочей стрелы. Не работайте с горизонтальными опорами, когда рычаги трансформирования опор находятся в положении «Горизонтально» или «Вертикально». В противном случае горизонтальные опоры выйдут из положения или вертикальные ножки будут втянуты, что приведет к повреждению подъемного устройства.
- iii) Чтобы вернуть опоры в исходное состояние, следуйте порядку «вертикальные опоры →

горизонтальные опоры». После втягивания все рабочие рычаги должны вернуться в среднее положение.

3) Установка заземляющего стержня

Подсоедините шасси к заземляющему стержню через провода заземления

4) Работа в изолированной корзине

i) Эксплуатация рабочей стрелы.

а) Выполнение подъема нижней стрелы. Для подъемного устройства складного типа стрелы с изолирующим звеном потяните рычаг управления нижней стрелой в положение «Поднять», чтобы выдвинуть цилиндр нижней стрелы и поднять нижнюю стрелу; потяните рычаг управления нижней стрелы «Опустить», чтобы втянуть цилиндр нижней стрелы и опустить нижнюю стрелу. Для устройства с прямой стрелой с изолирующим звеном выберите рабочий рычаг «Поднять и опустить»: потяните рабочий рычаг в положение «Поднять», чтобы выдвинуть цилиндр подъема и поднять рабочую стрелу; потяните рычаг управления «Опустить», чтобы убрать цилиндр нижней стрелы и опустить рабочую стрелу.

б) Операция вращения. Потяните рычаг управления вращением в направлении, указанном стрелкой, чтобы повернуть поворотную платформу вправо или влево. Угол поворота не ограничен и возможно полное вращение на 360°. Перед любой операцией вращения необходимо убедиться, что между поворотной платформой и ящиком для инструментов не должно быть людей или других препятствий.

в) Операция выдвижения верхней стрелы. Для подъемного устройства складного типа стрелы с изолирующим звеном потяните рычаг управления верхней стрелой в положение «Поднять», чтобы выдвинуть цилиндр верхней стрелы и поднять выдвижную стрелу; потяните рычаг управления верхней стрелой «Опустить», чтобы убрать цилиндр верхней стрелы и убрать выдвижную стрелу. Для подъемного устройства с прямой стрелой с изолирующим звеном выберите рабочий рычаг «Выдвинуть и втянуть»: потяните рычаг управления на «Выдвинуть», чтобы выдвинуть телескопический цилиндр и выдвинуть рабочую стрелу; потяните рычаг управления в положение «Втянуть», чтобы убрать телескопический цилиндр и уменьшить рабочую стрелу.

ii) Управление поворотом изолированной корзины. Потяните управляющий рычаг поворота изолированной корзины в направлении, указанном стрелкой, чтобы повернуть корзину вправо или влево.

iii) Аварийная остановка. Если любому технику в изолированной корзине необходимо остановить рабочую стрелу, чтобы избежать опасных ситуаций, или если ситуация вышла из-под контроля, техник должен задействовать рычаг управления аварийной остановкой. Таким образом, работа верхней части устройства прекращается, но двигатель не останавливается.

5) Работа на поворотной платформе

Управление рабочей стрелой и выполнение вращательных операций на поворотной платформе такие же, как в изолированной корзине. Аварийная остановка обычно выполняется наземным персоналом, который считает, что продолжать работу наверху опасно.

6) Работа аварийного насоса

В случае, если подъемное устройство с изолирующим звеном не может нормально функционировать из-за отказа двигателя или гидравлического насоса, можно запустить аварийный насос, чтобы позволить техникам в изолированной корзине безопасно приземлиться. Перед началом работы важно убедиться, что коробка отбора мощности и ключ зажигания двигателя находятся в положении «ON». Аварийный насос может работать в течение 30 с и запускаться снова через 30 с.

3) Меры предосторожности при использовании подъемного устройства с изолирующим звеном

1) Оператор подъемного устройства с изолирующим звеном должен пройти профессиональную техническую подготовку. Оператор, который принимает рабочее задание, должен управлять подъемным устройством.

2) В случае сложных погодных условий, дождя, мокрой изолированной корзины или других частей важно прекратить использование подъемного устройства с изолирующим звеном. Условия плохой погоды включают в себя:

i) Сильный ветер. Средняя скорость ветра в течение 10 мин превышает 10 (м/с).

ii) Сильный дождь. Количество осадков превышает 50 (мм).

iii) Сильный снегопад. Объем снежного покрова больше 25 (мм).

Обратитесь к Таблице 6.1 для определения скорости ветра в положении, на расстоянии 1 (м) от земли.

Средняя скорость ветра увеличивается с увеличением высоты. Когда высота над землей превышает 10 (м), следует учитывать скорость ветра. Для работы, скорость ветра на высоте не должна превышать 10 (м/с).

3) Во время работы в ночное время освещение на рабочей площадке должно соответствовать требованиям. Освещение для работающего устройства должно быть ярче, чтобы предотвратить неправильную работу.

Таблица 6.1 Обзор скоростей ветра и соответствующих высот.

Скорость ветра на расстоянии				Наземные
1	м	от	земли	/ условия
(м/с)				
5.5–				Ветер с пылью, песком и клочками бумаги
8.0				
8.0–10.8				Колыхаются листья на деревьях; в воде появляются волны
10.8–13.9				Дрожат стволы деревьев; шумят провода; трудно удержать зонт
13.9–17.2				Стволы деревьев сильно дрожат; трудно идти против ветра

4) Меры предосторожности при работе.

i) Во время работы опоры должны быть выдвинуты для надежной поддержки подъемного устройства. Перед началом работы важно убедиться, что индикатор посадки включен (если индикатор посадки отсутствует, необходимо проверить каждую опору на устойчивость). Когда опоры не выдвинуты для устойчивости, любое вращательное движение запрещено. В противном случае устройство может быть опрокинуто (кроме устройств, которые оснащены датчиком диапазона выдвижения опор или находятся в рабочем диапазоне компьютерного управления). При закреплении вертикальных опор запрещается устанавливать вертикальные опоры на придорожных канавах или местах с мягким основанием. Если люк канавы будет неисправен, это может привести к наклону подъемного устройства.

ii) Электромонтеры внутри изолированной корзины должны надевать ремни безопасности и подвешивать крюки ремней безопасности на крюки страховочных тросов. Не следует размещать приспособления внутри изолированной корзины, которые могут повредить корзину и наличную корзину. В случае наличия трещин или повреждений в изолированной корзине ее изоляционные свойства ухудшаются. Металлические предметы, которые выше изолированной корзины, не должны загружаться в нее, чтобы предотвратить риск поражения электрическим током, который может возникнуть, когда металлическая деталь внутри корзины контактирует с проводами под напряжением. Никому не разрешается заходить на рабочую стрелу или в зону ниже тяжелой нагрузки, которую поднимает рабочая стрела. Источники огня и химикаты не следует размещать рядом с изолированной корзиной

iii) Изолированная корзина должна работать медленно. Если рычаг управления работает слишком быстро, то такая быстрая работа может привести к столкновению изолированной корзины с соседними предметами, что приведет к повреждению корзины и травмам персонала. При выполнении обратной операции, рычаг управления должен быть сначала установлен в среднее положение. Когда операция останавливается, рычаг управления перемещается в обратное положение. Любой техник, работающий в изолированной корзине, должен быть внимательным для предотвращения выпадения предметов из нее.

iv) Следующие условия должны быть соблюдены во время работы. Электромонтер не должен наклонять свое тело за пределы корзины и не должен стоять на перилах или подножке для работы. Техник должен устойчиво стоять на полу корзины. Запрещается использовать какую-либо лестницу или подножку для работы внутри изолированной корзины, для перехода между корзиной и другим строением, использовать рабочую стрелу и корзину для отталкивания, вытягивания предметов или для загрузки стропил, кабелей и других предметов, а также другое подъемное оборудование к

рабочей стреле и корзине. Перегрузка в изолированной корзине не допускается.

- 5) Меры предосторожности при работе зимой и холодных регионах. При работе на открытом воздухе при низкой температуре зимой или снеге, неверные действия могут стать причиной несчастных случаев. Необходимо обратить внимание на следующие ситуации. [4]

i) При работе после снегопада важно убрать скопившийся снег с концевого выключателя и других предохранительных устройствах консольной опоры стрелы, также во всех рабочих устройствах и их периферийных устройствах, в рабочей стреле, вокруг корзины, сверху рабочей камеры и в ходовых частях. Работа не может начаться, пока все детали не будут правильно функционировать.

ii) Для очистки скопившегося снега запрещается наливать горячую воду напрямую, чтобы предотвратить непосредственное попадание горячей воды на рабочее устройство, концевой выключатель, детектор и другие пластиковые детали, так как быстрые изменения температуры могут вызвать трещины или разломы и привести к выходу из строя механических устройств.

iii) Понижение температуры или снег могут оказывать более сильное влияние на выключатель и рычаг управления, чем обычные условия, поскольку некоторые действия рычагов управления могут быть слегка ограничены из-за низкой температуры, которая, однако, не влияет на функции. Перед любыми действиями необходимо несколько раз нажать на рычаги управления и убедиться, что все рычаги возвращаются в исходное положение перед работой. По той же причине во время работы стрела может издавать шум, похожий на «пыхтение» или «фыркание». После прогрева с ростом температуры масла и температуры гидравлических частей звуки исчезнут.

iv) При работе в снежные дни перед втягиванием рабочей стрелы необходимо очистить скопившийся снег в концевом выключателе консольной опоры рабочей стрелы. В противном случае скопившийся снег затвердеет, что приведет к ненадежной работе защитных устройств.

6.1.3 Сервисное обслуживание подъемных устройств с изолирующими звеньями

- 1) Ежедневная проверка

1) Внешняя проверка. Изоляционные компоненты визуально проверяются на наличие трещин, отслаивания или глубокие царапины.

2) Проверка функций. После запуска подъемного устройства нижняя система управления должна использоваться для работы над циклом, когда в изолированной корзине никого нет. Во время проверки необходимо обратить внимание на утечку жидкости, потери вызванные утечкой, аномальный шум, ошибки в работе, утечку масла, неустойчивое движение или другую неисправность гидравлического цилиндра.

- 2) Регулярный осмотр

Периодичность регулярного осмотра может быть определена в соответствии с рекомендациями производителя и другими факторами, такими как условия эксплуатации, уровень обслуживания и условия окружающей среды, но максимальная периодичность регулярного осмотра не может превышать 12 месяцев. Регулярный осмотр должен выполняться профессионалами.

- 3) Использование и замена гидравлического масла

Если гидравлическое масло гидравлической системы для подъемного устройства становится менее чистым или портится, его электрические свойства уменьшатся, что повлияет на характеристики подъемного устройства с изолирующим звеном. Поэтому гидравлическое масло должно соответствовать следующим требованиям

1) Гидравлическое масло следует впервые заменять после использования в течение 100 часов или одного месяца (исходя из показаний счетчика) при покупке нового подъемного устройства с изолирующим звеном. После этого гидравлическое масло следует заменять каждые 1200 ч или 12 месяцев.

2) Всякий раз, когда гидравлическое масло заменяется, масляный бак необходимо очищать, а фильтрующие элементы возвратного масляного фильтра и всасывающего фильтра следует чистить или заменять:

- 4) Смазка подъемного устройства

Подъемное устройство должно смазываться в соответствии с графиком смазки и указанным периодом, чтобы улучшить характеристики всего устройства и продлить срок службы подъемного устройства.

1) Части, которые следует смазывать каждые 30 часов или каждую неделю: подъемная деталь, маховая часть, вращающийся вал изолированной корзины, балансировочный цилиндр, подъемный

цилиндр, вал рабочей стрелы и вал вращающейся стрелы.

2) Центральный вращающийся корпус и вращающийся вал следует смазывать каждые 100 часов или один месяц и каждые 800 часов или шесть месяцев соответственно.

3) Трансмиссионное масло небольшого кранового редуктора и трансмиссионное масло концентрического переходника следует заменять каждые 1200 ч или 12 месяцев (трансмиссионное масло следует заменять каждые 100 ч или один месяц в первый раз).

5) Обслуживание изолированных компонентов

1) Изолированная корзина должна вернуться в рабочее положение, во время движения подъемного устройства с изолирующим звеном. Подъемная стрела (если таковая имеется) подъемного устройства должна быть снята или втянута. Верхняя стрела должна быть сложена, а нижняя стрела должна быть опущена. Как верхняя, так и нижняя стрелы должны вернуться в соответствующие опорные рамы. Выдвижная стрела должна быть полностью втянута. Верхняя и нижняя стрелы должны быть надежно закреплены, чтобы предотвратить их удары и повреждения из-за тряски во время транспортировки.

2) Когда работает подъемное устройство с изолирующим звеном, верхнее устройство также движется. Гидравлическая система управления двумя стрелами должна быть отключена, чтобы гидравлическое уравнивающее устройство изолированной корзины не качалось назад и вперед.

3) Подъемное устройство с изолирующим звеном должно быть защищено влагозащитным экранирующим чехлом во время транспортировки и хранения, чтобы избежать длительного воздействия загрязненной окружающей среды и снизить уровень сопротивления изоляции.



Рис. 6.4 Специальный гараж для подъемного устройства с изолирующим звеном.

6) Техническое обслуживание подъемного устройства

1) Должен быть специальный гараж, который следует оборудовать влагонепроницаемыми, пыленепроницаемыми и вентиляционными средствами, как показано на рис. 6.4.

2) Все детали следует часто мыть или чистить. Мытье водой под высоким давлением запрещено, а также зимой необходимо предотвращать замерзание.

3) Для защиты пружины подвески шасси вертикальные опоры должны поддерживаться во время хранения. Необходимо предотвратить соприкосновение изолированной корзины и рабочей стрелы с крышей, и повреждения в помещении с низкой крышей.

4) При длительном хранении подъемного устройства шток поршня цилиндра должен быть покрыт антикоррозионным маслом, а двигатель должен запускаться раз в месяц, чтобы предотвратить разрыв масляной пленки в любых смазочных деталях.

6.1.4 Испытания подъемных устройств с изолирующими звеньями

Тестируемые параметры для подъемного устройства с изолирующим звеном включают испытание на устойчивость к напряжению и току утечки на изолированной корзине, испытание на устойчивость к напряжению и утечку тока на изолирующем звене, испытание на устойчивость к напряжению и утечку тока на всем устройстве, электрическая прочность изоляции в потоке изоляции гидравлического масла, испытание на изоляционной резиновой гильзе и испытание характеристик материала на изоляторе

подъемного устройства.

1) Методы испытаний

1) Испытание электрической прочности и тока утечки изолированной корзины

Испытание на устойчивость к переменному напряжению и тока утечки готовой изолированной корзины (испытание на устойчивость к переменному напряжению наличной корзины и наружного слоя внутренних и внешних изолированных корзин выполняется в соответствии с требованиями пользователей), как правило, выполняется с помощью метода повышения постоянного напряжения. Испытуемый электрод крепят устройством с проводящей клейкой лентой шириной 12,7 мм. См. Таблицу 6.2: Параметры испытания.

Схематическое изображение проведения испытания на устойчивость к напряжению промышленной частоты показана на рис. 6.5. Изолированная корзина может считаться допущенной к работе при отсутствии искры, воспламенения, разрыва или заметного нагрева (разница температур составляет менее 10°C). Схематическое изображение проведения проверки тока утечки показана на рис. 6.6.

2) Испытание на устойчивость к напряжению и утечку тока на изолирующем звене

i) Испытание на электрическую прочность внешней изолированной тяговой штанги или стрелы малого подъемника изолированной корзины проводятся таким же образом, как и испытание на устойчивость к напряжению на изолирующем звене. Обычно используется метод постепенного повышения напряжения. Испытуемый электрод крепят устройством с проводящей клейкой лентой шириной 12,7 мм. См. Таблицу 6.3: Параметры испытания.

ii) Испытания на устойчивость к напряжению промышленной частоты на изолирующем звене, внешней изолированной тяговой штанге стрелы и на стреле малого подъемника изолированной корзины в основном одинаковы. Схематическое изображение проведения испытаний показано на рис. 6.7. L - длина изолирующей стрелы между испытываемыми электродами. Изолированную корзину можно считать допущенной к работе, при условии, что нет искры, воспламенения, разрыва или заметного нагрева (разница температур составляет менее 10°C).

Таблица 6.2 Технические требования электрических испытаний изолированной корзины

Номинальное напряжение, (кВ)	Объекты испытания	Профилактическое испытание					Примечания
		Испытание на соответствие техническим условиям	Испытание на стойкость к напряжению промышленной частоты	Ток утечки	Испытание на стойкость к напряжению	Ток утечки	
10	Однослойная изолированная корзина	50 (кВ) 1 мин	-	-	45 (кВ) 1 мин	-	Корзина погружается в воду и помещается на 200 (мм) над поверхностью воды
10	Двухслойная изолирующая корзина	Внутренняя корзина 50 (кВ) 1 мин	-	-	45 (кВ) 1 мин	-	
	Внешняя корзина	20 (кВ) 1 мин	-	-	-	Длительность испытания 0,4 (м): 45 (кВ) 1 ≤ 0,2 (мА)	Проверка утечки тока является испытанием поверхности



Рис. 6.5. Схематическое изображение проведения испытания изолированной корзины на устойчивость к напряжению промышленной частоты. (а) вода, находящаяся внутри и снаружи изолированной корзины (разборная); (б) металлическая пленка, обернутая внутри и снаружи изолированной корзины (закреплена) H - расстояние между верхней поверхностью изолированной корзины и поверхностью воды.



Рис. 6.6. Схематическое изображение проведения проверки тока утечки на изолированной корзине. L - расстояние между испытываемыми электродами.

iii) Чтобы определить ток утечки подъемного устройства с изолирующим звеном в реальных условиях работы и обеспечить безопасность работы под напряжением, необходимо выполнить испытание на утечку переменного тока (суммарного тока) на готовом изолирующем звене. Схема проверки тока утечки на изолирующем звене показана на рис. 6.8. L - длина изолирующего звена между испытываемыми электродами.

iv) Для подъемного устройства с секцией изолирующего звена в главном звене применяемое напряжение переменного тока промышленной частоты должно составлять 50 (кВ), при котором продолжительность подачи напряжения равна 1 мин. Схема проведения испытания на секцию изолирующего звена показана на рис. 6.9.

Таблица 6.3 Технические требования к электроиспытаниям изолирующего звена

		Профилактическое испытание					
		Испытание на соответствие техническим условиям					
Номинальное напряжение, (кВ)	Испытуемые детали	Устойчивость к напряжению промышленной частоты	Ток утечки	Устойчивость к напряжению промышленной частоты	Ток утечки	Поверхностный разряд	Замечания
10	Верхняя стрела (главная стрела)	Длительность испытания 0.4 (м): 50 (кВ) 1 мин	-	Длительность испытания 0.4 (м): 45 (кВ) 1 мин	-	-	Испытание на устойчивость является испытание всего устройства, но испытываемые электроды помещаются на изолирующее звено.
	Нижняя стрела (рукав)	50 (кВ) 1 мин	-	45 (кВ) 1 мин	-	-	
	Целое устройство	Длительность испытания 1.0 (м): 20 (кВ) ≤ 0.5 (мА)	-	-	Длительность испытания 1.0 (м): 20 (кВ) ≤ 0.5 (мА) ≤ 0.2 (мА)	-	Испытуемые электроды помещаются на изолирующее звено.

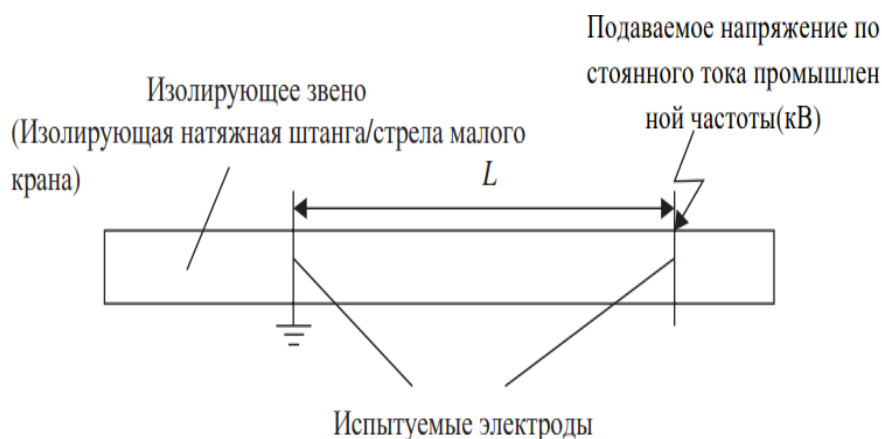


Рис. 6.7 Схематическое изображение проведения испытания на устойчивость к напряжению на изолирующем звене.



Рис. 6.8 Схематическое изображение проведения проверки тока утечки на изолирующем звене.

3) Испытание электрической прочности и тока утечки всего устройства

i) Для подъемного устройства, в котором изолирующее звено изолируется только между заземленной частью и изолированной корзиной, параметры испытания показаны в Таблице 6.4. Схема испытания на стойкость к напряжению показана на рис. 6.10.

ii) Параметры испытаний подъемного устройства с функциями подъема, опускания и автоматической балансировки (оснащенного резиновыми гильзами, гидравлическим маслом, оптоволоконным кабелем или балансировочной тяговой штангой, которая устойчива к напряжению при проведении работ под напряжением), на стойкость к напряжению и ток утечки всего устройства приведены в Таблице 6.5. Схематическое изображение испытания устойчивости к напряжению на всём устройстве показано на рис. 6.11. Схематическое изображение проверки утечки тока постоянного напряжения показано на рис. 6.12. L - длина изолирующего звена между испытываемыми электродами.



Номинальное напряжение (кВ)	Испытуемое расстояние (м)	Испытание на стойкость к напряжению промышленной частоты 1 (мин/кВ)		Утечка тока напряжения Испытательное напряжение (кВ)	постоянного Ток утечки (мА)
		Типовое испытание	Испытание готового продукта (при поставке)		
10	0.4	100	50	20	≤0.5

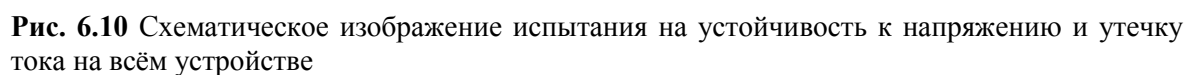


Таблица 6.5 Стандарты электротехнических испытаний на всём устройстве (подъемное устройство с функциями подъема, опускания и автоматической балансировки)

Номинальное напряжение (кВ)	Испытуемое расстояние (м)	Испытание на стойкость к напряжению промышленной частоты 1 (мин/кВ)		Утечка тока постоянного напряжения	
		Типовое испытание	Испытание готового продукта (при поставке)	Испытательное напряжение (кВ)	Ток утечки (мА)
10	1	100	50	20	Испытание отдельной детали: ≤ 0.2 ; испытание всего устройства: ≤ 0.5

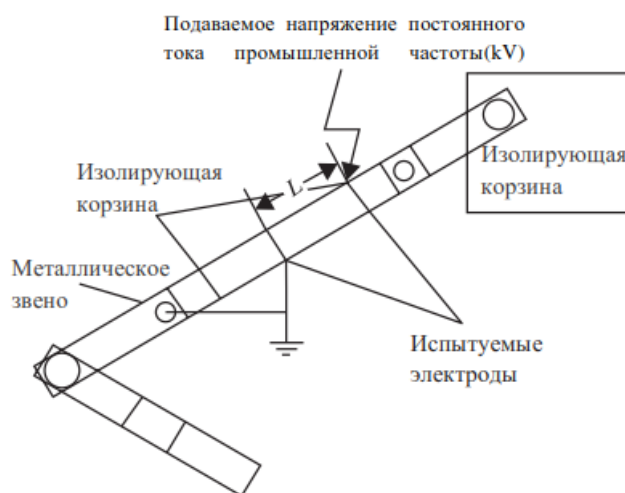


Рис. 6.11 Схематическое изображение испытания на устойчивость к напряжению на всём устройстве.

- 4) Испытание электрической прочности изоляции в потоке изоляции гидравлического масла. Испытание электрической прочности изоляции следует проводить в потоке гидравлического масла, которое выдерживает напряжение при проведении работ под напряжением. Гидравлическое масло при замене или добавлении должно быть проверено на соответствие требованиям.

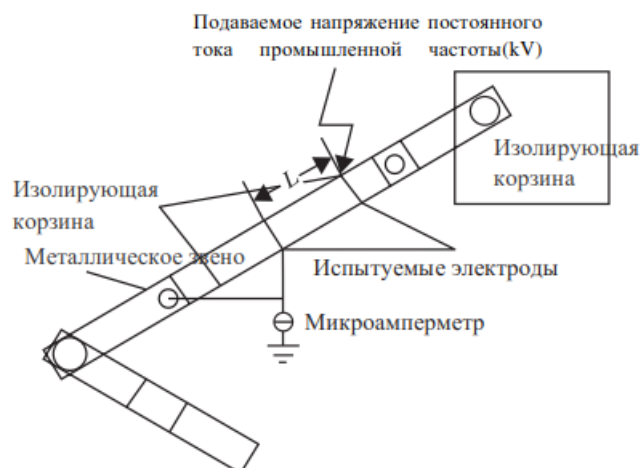


Рис. 6.12. Схематическое изображение проверки тока утечки переменного напряжения.

Испытание на прочность при разрыве с использованием гидравлического масла должно проводиться три раза подряд. Размер трещины масляного колпачка составляет 2,5 (мм), а скорость повышения напряжения имеет величину 2 (кВ/с) (постоянная скорость). После каждого разрыва среда между электродами перемешивается несколько раз предварительно подготовленным стеклянным стержнем или другими приспособлениями для удаления свободных углеродов, образующихся в результате разрыва. Гидравлическое масло должно остояться от 1 до 5 минут (пока пузырьки не исчезнут). Гидравлическое масло можно признать соответствующим требованиям при условии, что каждое из напряжений при разрыве составляет не менее 10 (кВ), а среднее напряжение при разрыве в 6 испытаниях составляет не менее 20 (кВ).

5) Испытание на резиновой изолирующей гильзе

Типовые испытания изолирующей резиновой гильзе подъемного устройства включают испытание на механическую усталость, гидравлическое испытание, испытание на утечку масла, испытание на изменение длины, испытание на изгиб при холодных условиях, испытание на электрические свойства и испытание после повреждения.

i) Испытание на механическую усталость. Резиновая гильза должна быть подвергнута испытанию циклом изменения давления, где установлена металлический рукав и испытанию на изгиб. Схематическое изображение проведения испытаний показана на рис. 6.13.

ii) Гидравлическое испытание. Каждая секция резиновой гильзы подъемного устройства должна быть подвергнута гидравлическому испытанию в соответствии с моделью и ее назначением. Гидравлическое испытание выполняется путем нагнетания давления, равного 120% от рабочего давления, в устройстве с резиновыми гильзами продолжительностью от 3 до 60 (с). Вся конструкция не должна демонстрировать утечек масла или повреждений.

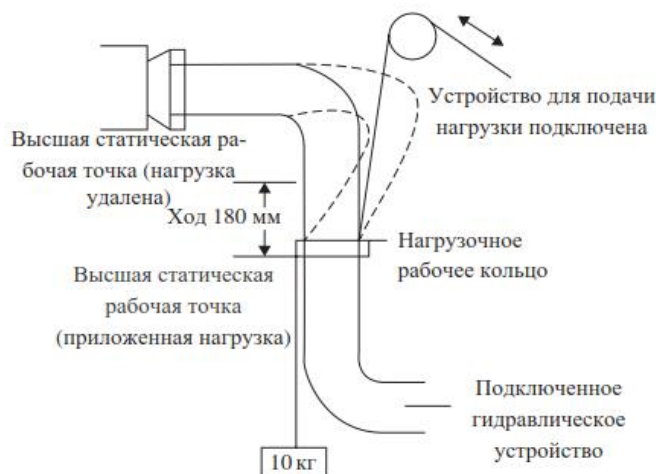


Рис. 6.13 Цикл испытания резиновой гильзы с нагнетанием давления при изгибе

iii) Испытание на утечку масла. 70% указанного минимального разрывного внутреннего давления прикладывается к устройству с резиновой гильзы в течение $(5 \pm 0,5)$ (с). Резиновая гильза может считаться соответствующей требованиям, если на ней не обнаружены повреждения или утечки масла.

iv) Испытание на изменение длины. Между двумя трубными рукавами должна быть резиновая гильза длиной не менее 300 (мм). Сто двадцать процентов рабочего давления прикладывается к резиновой гильзе в течение 30 (с) перед прекращением. После прекращения подачи давления резиновая гильза восстанавливается в свое нормальное состояние в течении 30 (с). Затем на внешней стороне резиновой гильзы наносится отметка, которая находится на расстоянии 250 мм от рукава. После повторной подачи 120% рабочего давления на резиновую гильзу в течение 30 с, измеряется расстояние между трубным рукавом и отметкой. Резиновая гильза может считаться соответствующей требованиям, если ее длина не изменяется более чем на 5% от первоначальной длины.

v) Испытание на изгиб при холодных условиях. Резиновую гильзу или устройство с резиновой трубкой помещают в среду с температурой -25°C на 24 часа. Испытуемый образец должен быть способен изгибаться последовательно и равномерно в этих условиях. Диаметр изгиба в два раза превышает допустимый диаметр изгиба резиновой гильзы. Степень изгиба резиновой гильзы, имеющей внутренний диаметр, превышающий или равный 25,4 мм, составляет 90° . Изгиб должен быть осуществлен в течение 8-12 с. После сгибания испытуемый образец помещают в условия комнатной температуры. Как только трубка восстановится при комнатной температуре, перед проверкой на утечку масла ее следует осмотреть на наличие повреждений. Резиновая гильза может считаться соответствующей требованиям, если на ней нет повреждений или утечки масла.

vi) Проверка электрических свойств. Это испытание применимо только к резиновым гильзами (включая оптоволоконный кабель или балансировочную тяговую штангу), устойчивым к напряжению при проведении работ под напряжением между заземленной частью и изолированной корзиной подъемного устройства и должна выполняться перед сборкой.

vii) Испытания после повреждений. Электрические свойства резиновой гильзы, устойчивой к напряжению при проведении работ под напряжением, могут быть нарушены, если резиновая гильза повреждена. В случае серьезного повреждения резиновая гильза может сгореть.

б) Испытание материала на изоляторе подъемного устройства. Испытание материала на изоляторе подъемного устройства включает типовое испытание и выполнение инспекционного контроля при поставке.

i) Необходимо проверить физические и химические свойства изоляционных материалов, используемых для изготовления изолирующего звена и изолированной корзины, включая плотность, способность впитывать воду, термостабильность Мартенса, воспламеняемость и устойчивость к климатическим условиям.

ii) Необходимо проверить электрические и физические свойства изоляционных материалов, используемых для изготовления изолирующей стрелы и изолированной корзины, удельное объемное электрическое сопротивление, удельное поверхностное электрическое сопротивление, тангенс угла диэлектрических потерь, относительную диэлектрическую проницаемость, диэлектрическую прочность, испытание на сжатие, испытание на изгиб и испытание на прочность при ударе.

2) Цикл испытаний и стандарты

Профилактическое испытание подъемного устройства с изолирующим звеном проводится один раз в 6 месяцев. Стандарты испытаний приведены в Таблицах 6.2–6.5.

6.2 Изолирующие платформы

6.2.1 Изолирующие платформы: Введение

Многие мачты распределительных линий не могут быть достигнуты подъемными устройствами с изолирующими звеньями, поэтому для проведения работ под напряжением невозможно использовать только одно такое подъемное устройство. В качестве улучшения, многие предприятия, проводящие работы под напряжением, разрабатывают многомерные поворотные изолирующие платформы в соответствии с местными условиями. Изолирующие платформы по типу размещения подразделяются на наземные и подвесные, как показано на рис. 6.14. Учитывая отличающиеся методы работы в различных сферах применения, изолирующие платформы имеют различную

конструкцию. Тем не менее, они условно сходны в своих основных типах, и, как правило, оснащены функциями подъема и вращения. Подвесные изолирующие платформы используют чаще всего, благодаря небольшому количеству компонентов, простоте установки и гибкости в использовании. Кроме того, изолирующие лестницы типа «елочка» и лестницы с одной ножкой также являются изолирующими платформами, используемыми для проведения работ под напряжением.

Напольная изолирующая платформа включает в себя основание, соединительные кронштейны, рабочую платформу, подъемное устройство и подъемную систему привода.

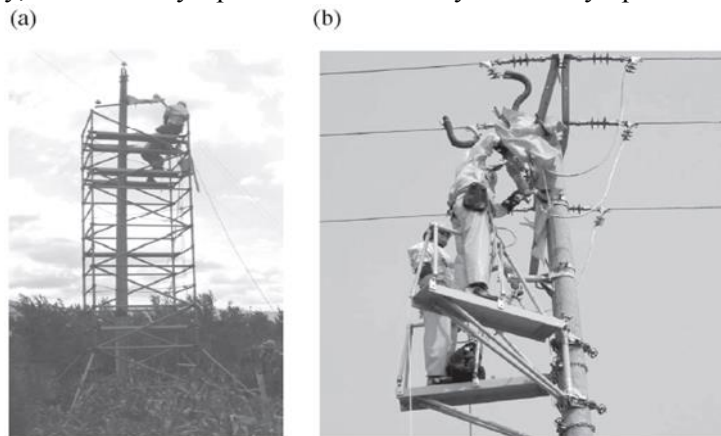


Рис. 6.14 Изображение изолирующих платформ.

(a) напольная изолирующая платформа; (b) подвесная изолирующая платформа.

Подъемное устройство состоит как минимум из двух частей прямоугольных изолирующих рам, соединенных муфтой, каждая из которых оснащена подъемной соединительной лентой. В подъемной системе привода, установленной в основании, винт соединен с червячным колесом, а червячный редуктор - с двигателем. Канаты из стальной проволоки обмотаны вокруг передвижного намоточного барабана, установленного на винте и вокруг блоков шкивов с обеих сторон основания. Канаты из стальной проволоки намотаны по направлению вверх с четырех углов основания в качестве подъемных соединительных лент самой удаленной изолирующей рамы. Остальные подъемные соединительные ленты являются изоляционными лентами. Колонны стоек стационарно соединены с четырьмя углами изолирующей платформы. Установленные стойки стационарно соединяются между колоннами по горизонтали. Направляющие планки устанавливаются между колоннами стоек, а нижние части колонн стационарно соединяются с нижней изолирующей платформой. Подъемный стандартный узел установлен в раме шкафа и обеспечивает подвижное соединение через направляющие планки и раму шкафа. Из-за упрощения механизма привода, компактно установленного внутри основания, платформа может иметь простую конструкцию, небольшой размер и низкие производственные затраты. Кроме того, всё подъемное устройство платформы является изолирующим, что обеспечивает абсолютную безопасность при подъеме платформы.

Подвесная изолирующая платформа состоит из монтажной платформы, изолирующей колонны и соединительной платформы, стационарно соединенных между собой. Устройство изолирующей платформы включает в себя опору изолирующей платформы рычажного типа, соединительный кронштейн платформы, который используется для поддержки опоры платформы и может быть установлен на опоре воздушной линии электропередачи и главную платформу. Опора платформы крепится через несъемное соединение болтами по верхнему и нижнему краю соединительного кронштейна платформы. Верхний конец соединительного кронштейна платформы крепится на опоре через поворотный механизм с помощью цепного ролика и предохранительного устройства, и закрепляется к опоре. Нижний конец соединительного кронштейна платформы закрепляется на вращающемся стальном кольце, который передвигается в закрепленное стальное кольцо на кронштейне. Обычная изолирующая платформа может поворачиваться на 360°, что позволяет проводить широкий спектр работ на высоте. Это безопасно, надежно, а также не зависит от дорожного движения и условий местности. Данная платформа может использоваться для проведения работ под напряжением в местах, недоступных подъемному устройству с изолирующим звеном. Обладает высокой гибкостью, удобством и низкой трудоемкостью.

Большинство изолирующих платформ являются самодельными и должны пройти испытания на соответствие техническим условиям перед применением. Их механические и электрические свойства должны соответствовать рабочим требованиям. Моделирование рабочих условий должно выполняться в той мере, в которой они могут эксплуатироваться надлежащим образом перед продвижением на рынок.

6.2.2 Применение и эксплуатация изолирующих платформ

1) Меры предосторожности при эксплуатации изолирующей платформы

1) Электромонтер должен тщательно проверить, являются ли компоненты изолирующей платформы целостными, исправными и надежно ли соединены. Техник должен задействовать механизм привода, чтобы убедиться, что он функционирует нормально, а процессы работы и торможения происходят должным образом. Любой компонент изолирующей платформы не должен использоваться в случае появления трещин, деформации изгиба, разрушения при малой деформации, грязи или влаги.

2) Методы и этапы монтажа изолирующей платформы должны быть правильными и надежными, а изолирующая платформа должна быть установлена в месте, где удобно выполнять работы под напряжением и разбирать конструкцию после окончания работы.

3) Для того, чтобы убедиться, что платформа может выдержать вес техников после установки ее следует подвергнуть воздействию нагрузки. Перегрузки строго запрещаются.

4) При работе на изолирующей платформе техники, инструменты и материалы должны находиться на расстоянии не менее 0,6 (м) от ближайших деталей под напряжением. Техники, инструменты и материалы должны находиться на расстоянии не менее 0,4 (м) от заземленных частей (включая опору и металлическую траверсу), и, если дистанция не может быть соблюдена, можно использовать изолирующее устройство в качестве защитного экрана и изоляции. Перекрываемая часть защитного экрана должна быть больше 0,15 (м).

5) Изолирующая платформа должна быть оборудована ограничителем для выставления безопасного изоляционного расстояния (не менее 1 (м)). Техник обязан соблюдать безопасное изоляционное расстояние и не должен выходить за пределы ограничителя.

6) Изолирующая платформа должна медленно и устойчиво подниматься и вращаться, чтобы не допустить контакта с опорой, проводами, электрооборудованием и окружающими препятствиями. Запрещается размещать на изолирующей платформе рубильник, траверсу, фарфоровый изолятор или фитинги.

7) Электромонтеры на опоре и на платформе должны использовать сумки для инструментов.

Инструменты и материалы должны передаваться с помощью изолирующих канатов, чтобы причинить урон здоровью людей падающими предметами.

2) Техническое обслуживание

1) Очистка. Изолированные компоненты изолирующей платформы должны содержаться в чистоте. Грязь на любом изолированном компоненте допускается удалять с помощью безворсовой ткани. Если компоненты сильно загрязнены, для очистки следует использовать разбавленный растворитель (соотношение между растворителем и водой должно составлять примерно 1: 1,5). Любые стеклоочистители с неровностями или обладающие шлифующим эффектом не должны использоваться для очистки изолирующей платформы.

2) Смазка. Червячное колесо, червяк и другие соединительные детали следует смазывать смазочным маслом каждые пол года, чтобы увеличить износостойкость и продлить срок службы.

3) Техническое обслуживание при хранении и транспортировке. Изолирующая платформа должна храниться в проветриваемом, чистом и сухом помещении. Платформу следует перемещать только с использованием специального транспортного средства и защищать от воздействия влаги водонепроницаемым покрытием.

6.2.3 Испытания изолирующих платформ

Поскольку изолирующие платформы различаются по строению в зависимости от сферы применения, и большинство изолирующих платформ представляют собой самодельные изделия, которые изготовлены из изоляционных плит, изолирующих трубок и других изоляционных материалов, которые подвергаются испытанию.

Жесткие изоляционные плиты должны соответствовать следующим положениям ИЕС 60893 *Промышленные жесткие ламинированные листы на основе термореактивных смол для электрических целей*. Изолирующие трубки должны соответствовать соответствующим положениям ИЕС 61235 *«Проведение работ под напряжением - изолирующие полые трубки для электрических целей»* и ИЕС 60855 *Изолирующие трубки, заполненные пеной, и сплошные стержни для проведения работ под напряжением*.

Изолирующие платформы, как правило, испытываются в соответствии со стандартом ИЕС 61478 *«Проведение работ под напряжением - Лестницы из изолирующего материала»*.

1) Испытание электрических свойств изолирующих материалов

1) Изолирующая плита.

i) Испытание при нормальном состоянии. Изолирующая плита, используемая для изготовления изолирующей платформы, обычно должна иметь глубину не менее 8 мм. Испытание на стойкость к напряжению промышленной частоты выполняется на изолирующей плите путем подачи напряжения 100 (кВ) в течение 3 минут. Утечка тока должен соответствовать Таблице 6.6. Изолирующая плита может считаться соответствующей требованиям, если нет искры, воспламенения, разрыва или заметного нагрева.

ii) Испытание на погружение в воду. Изолирующая плита, используемая для изготовления изолирующей платформы, должна быть разрезана на части одинаковой формы и длины для испытания на погружение в воду. Берется срез величиной 300 (мм) и погружается в воду на глубину 400 (мм) (удельное сопротивление воды 100 (Ом·м)). После погружения на 168 часов (7 дней и 7 ночей) срез вынимают и его поверхность протирают насухо. На него подается напряжение 100 (кВ). Ток утечки не должен превышать 30 (мкА).

2) Изолирующая трубка.

я) Испытание при нормальном состоянии. Испытание на стойкость к напряжению промышленной частоты выполняется на секции изолирующей трубки 300 (мм), используемой для изготовления изолирующей платформы, путем подачи напряжения 100 (кВ) в течение 3 минут, включая испытания в сухом и влажном состоянии. Ток утечки изолирующей трубки при подаче напряжения промышленной частоты в размере 100 (кВ) должен соответствовать Таблице 6.7.

Таблица 6.6 Испытание на стойкость к напряжению промышленной частоты на изоляционной плите и допустимый ток утечки.

Позиция испытания	Напряжение при испытании, (кВ)	Расстояние между электродами	Длительность испытания	Ток утечки, (мкА)
Слой	100	8	3	-
Поверхность	100	300	3	≤30

Таблица 6.7. Испытание на стойкость к напряжению промышленной частоты на изоляционной трубке и допустимый ток утечки.

Номинальный внешний диаметр	Расстояние между электродами, (мм)	Стойкость к промышленной частоте, мин/(кВ)	Ток утечки, (мкА)	
			3 Сухое состояние, 1	Влажное состояние, 2
Трубка (диаметр), (мм)	<30 32 ~ 70	300	100	
			≤10	≤30
			≤15	≤30

Примечание. Испытание во влажном состоянии представляет собой испытание приложенного напряжения и частоты в камере с постоянной температурой и влажностью (23 ° С ± 1 ° С, HR93%) в течении 168 часов.

ii) Испытание в условиях осадков. Испытание в условиях осадков следует проводить на изолирующей трубке, используемой для изготовления изолирующей платформы, в течение 60 минут (длина трубы 1000 (мм); длина электродов 1000 (мм); приложенное напряжение 100 (кВ); скорость разбрызгивания воды 1,0 ~ 1,5 (мм/мин)), как показано на рис. 6.15. Изолирующая трубка может считаться квалифицированной, при условии, что нет искры, воспламенения, разрыва, следов поверхностной утечки или заметного нагрева.

iii) Испытание погружением в воду. Испытание погружением в воду следует проводить на изолирующей трубке, используемой для изготовления изолирующей платформы. Берется срез в 300 (мм) и погружается в воду на глубину в 400 (мм) (удельное сопротивление воды 100 (Ом • м)). После погружения на 168 часов (7 дней и 7 ночей) срез вынимают, а его поверхность протирают насухо, чтобы предотвратить перекрытие на поверхности. На него подается напряжение 100 (кВ). Ток утечки не должен превышать 30 (мкА).

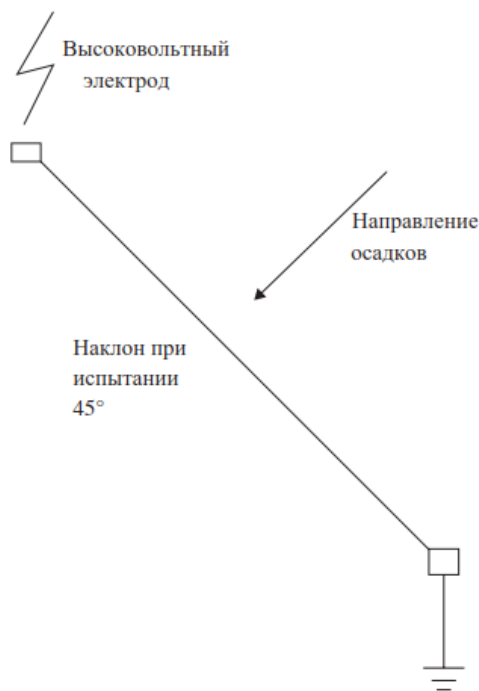


Рис. 6.15 Схематическое изображение испытания изолирующей трубки в условиях осадков.

2) *Электрические испытания изолирующей платформы* Для электрического испытания изолирующей платформы, испытание на стойкость к напряжению должно также проводиться на всей изолирующей платформе (главной изолирующей платформе или изолирующей трубке нижнего кронштейна), расположенной на расстоянии 20 (см) от конца плиты (линии безопасности), небольшого размера. изолирующая платформа и горизонтальная изолирующая трубка верхнего кронштейна. См. Таблицу 6.8 с точными данными.

- 1) Поскольку изолирующая трубка нижнего кронштейна является главным изолирующим компонентом изолирующей платформы, при испытании всей изолирующей платформы напряжение прикладывается к самому дальнему концу главного изолирующего компонента (изолирующая трубка нижнего кронштейна).
- 2) Линия безопасности, как правило, устанавливается в положении 20 (см) от конца плиты. Также следует провести испытание на стойкость к напряжению промышленной частоты на поверхности.
- 3) При повороте по горизонтали изолирующая горизонтально расположенная гильза верхнего кронштейна может одновременно соприкасаться с двухфазными проводами. Так как она является основным межфазным изолирующим компонентом, должно быть проведено испытание на стойкость к напряжению промышленной частоты на поверхности.
- 4) Малая изолирующая платформа должна пройти испытание на стойкость к напряжению слоев и должна быть демонтирована для прохождения испытания.

Таблица 6.8. Испытание на стойкость к напряжению промышленной частоты на изолирующей платформе и допустимый ток утечки.					
Положение испытания	Тип испытания	Напряжен ие испытания (кВ)	Испытание между электродами	Продолжительн ость испытания (мин)	Утечка тока (мкА)
Вся изолирующая платформа (Изолирующа я труба нижнего кронштейна)	Испытание на стойкость к поверхностно му напряжению промышленно й	45	400	1	
На расстоянии 20 см от конца плиты	Испытание на стойкость к поверхностно му напряжению промышленно й частоты	45	200	1	
Малая изолирующая платформа	Испытание на стойкость к напряжению промышленно й частоты на слое	45		1	
Изолирующая горизонтальн ая труба нижнего кронштейна	Испытание на стойкость к поверхностно му напряжению промышленно й частоты	45		1	
Главная изолирующая платформа	Испытание на утечку тока на поверхности	8	400	15	
					≤500

Примечание. Для электрического испытания изолирующей платформы изолирующую платформу можно рассматривать как соответствующую требованиям при условии отсутствия искры, воспламенения, разрыва или заметного нагрева (разница температур составляет менее 10°C).

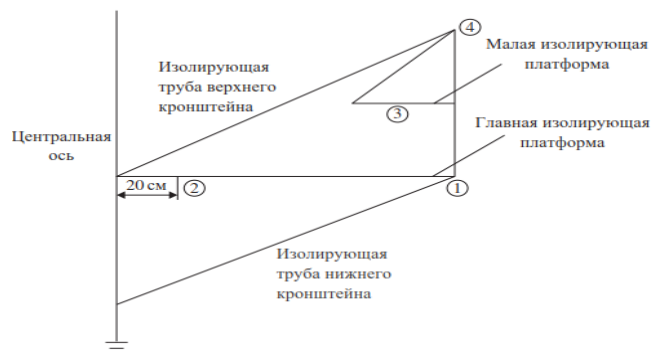


Рис. 6.16 Принципиальная схема общего электрического испытания на изолирующей платформе

Общее электрическое испытание на изолирующей платформе показано на рис. 6.16. Компоненты от ① до ④ должны быть подключены к электроду высокого напряжения и испытаны один за другим в соответствии с электрическими требованиями.

3) Испытание механических свойств изолирующей платформы

1) Общие механические свойства изолирующей платформы (включая крепежное устройство).

i) Допустимая рабочая нагрузка на изолирующую платформу составляет 800 (Н).

ii) Испытание изолирующей платформы на статическую нагрузку. Внешняя нагрузка, равная 2,5-кратной допустимой рабочей нагрузке (2000 Н), прикладывается к изолирующей платформе с равномерной и медленной растущей скоростью, но ударная нагрузка не допускается. Изолирующая платформа должна подвергаться максимальной статической испытательной нагрузке в течение 5 минут. Изолирующая платформа может считаться соответствующей требованиям при условии отсутствия остаточной деформации и повреждений изолирующей платформы, а поддерживающий механизм остается неповрежденным после разгрузки.

iii) Испытание изолирующей платформы на динамическую нагрузку. Внешняя нагрузка, в 1,5 раза превышающая допустимую рабочую нагрузку (1200 Н), прикладывается к изолирующей платформе. Изолирующую платформу трижды поднимают и вращают. Изолирующая платформа может считаться соответствующей требованиям при условии, что все компоненты остаются неповрежденными, что нет остаточной деформации или повреждений и подвижные компоненты работают с должной гибкостью, без заеданий.

2) Механические свойства малой изолирующей платформы. Внешняя нагрузка 800 Н применяется к малой изолирующей платформе. Когда малая платформа перпендикулярна главной платформе и находится под максимальным углом наклона (105°) к главной платформе, малая изолирующая платформа должна подвергаться максимальной статической испытательной нагрузке в течение 5 минут. Малая изолирующая платформа может считаться соответствующей требованиям при условии отсутствия остаточной деформации или повреждений малой изолирующей платформы, а поддерживающий механизм остается неповрежденным после разгрузки.

Метод испытания механических свойств изолирующей платформы показан на рис. 6.17. F - положение и направление нагрузки. Требования к свойствам платформы должны соответствовать требованиям для изолирующих жестких лестниц описанных в Главе № 5.

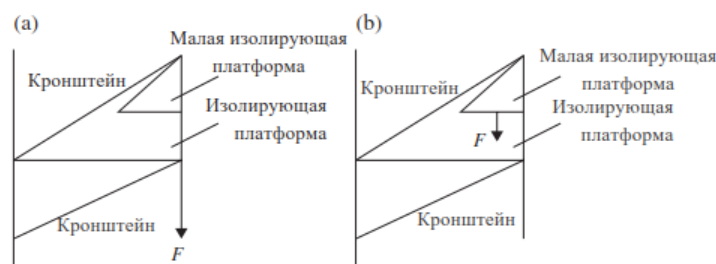


Рис. 6.17 Схематическое изображение проведения испытаний изолирующей платформы на статическую и динамическую нагрузку на (a) испытание изолирующей платформы на грузоподъемную способность; (b) испытание малой изолирующей платформы на грузоподъемную способность.

6.3 Робот-манипулятор

В традиционном методе проведения работ на распределительных сетях под напряжением операторы выполняют свои задачи непосредственно с помощью инструментов, как показано на рис. 6.18. Данный метод имеет такие недостатки, как высокая трудоемкость, низкая эффективность, работа со сложными и отличающимися друг от друга объектами, а также тяжелые условия эксплуатации. С развитием электронных и компьютерных технологий, роботы широко используются во многих областях. Своевременные исследования и разработка новых поколений оборудования для проведения работ под напряжением, таких как роботы, имеет большое значение для долгосрочного развития индустрии. Как показано на рис. 6.19, робот-манипулятор может выполнять многие задачи при проведении работ под напряжением, снижая трудоемкость и повышая безопасность, ограждая техников от электрического поля высокого напряжения. [5] [6] [7]

6.3.1 Роботы-манипуляторы: Введение

Роботы, производящие работы под напряжением, охватывают междисциплинарные области технологий изоляции высокого напряжения, вычислительной техники, механики, гидравлики, автоматики, датчиков и робототехники, требующие координирования и поддержки со стороны соответствующих дисциплин для их разработки. Полная структура функционального робота состоит из пяти частей: система сбора данных с датчиков, система управления решениями, система передачи сигналов, исполнительная система, а также источник питания и система защиты изоляции.



Рис. 6.18 Проведение работ вручную.



Рис. 6.19 Проведение работ с применением робота.

6.3.1.1 Базовая структура и характеристики

1) Базовая структура

Роботы-манипуляторы имеют два типа строения. Одним из них является то, что оператор в кабине, находящейся на высоте может управлять роботом для выполнения операций на большой высоте с помощью рукоятки или главного контроллера, как показано на рис. 6.20 (а). Оператор, защищенный изолированной корзиной, может наглядно и четко управлять рабочим процессом с помощью высотного пульта дистанционного управления, что приводит к уменьшению трудностей при работе и повышению эффективности работы. Однако этот метод не позволяет оператору полностью избежать опасности от ионизации, радиации и работ на высоте. Другой тип строения позволяет оператору, находящемуся в наземной кабине управления проводить работы дистанционно с помощью системы визуализации находящейся на высоте, как показано на рис. 6.20 (b). Хотя оператор не может наблюдать за объектом работы с близкого расстояния, что может повлиять на эффективность, он может держаться вдали от линий высокого напряжения, а также защищен от падения. [8]

Хотя эти два типа роботов имеют разные подходы к эксплуатации, они, как правило, имеют одну базовую конструкцию, состоящую из платформы для управления роботом (корпус робота, руку робота с опорой на изолятор), рабочей платформы (изолированная корзина / наземная кабина управления), складное и телескопическое изолирующее звено, устройство управления, мобильный грузовик и т. д. С точки зрения функций, робот включает в себя четыре модуля: ведущего и ведомого манипуляторов, подъемную систему, специализированные рабочие инструменты и систему защиты изоляции. [9] [10]

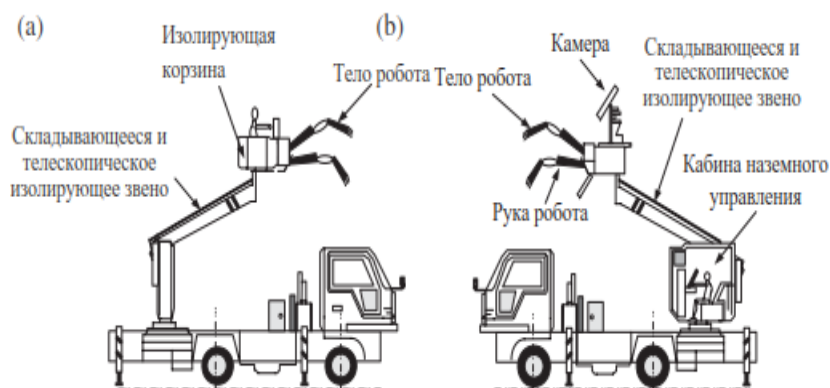


Рис. 6.20 Принципиальная схема роботов, работающих под напряжением. а) робот, управляемый с высоты; (b) робот наземного управления.

Ведущий и ведомый манипуляторы являются главными компонентами для выполнения работ в режиме реального времени. Они в основном состоят из четырех частей: руки робота, ведущего манипулятора, гидравлической системы и блока управления ведущий-ведомый, как показано на рис. 6.21. Оптоволоконная связь используется для эффективной изоляции оператора от электрических полей высокого напряжения и предотвращения травм персонала. Ведущий и ведомый манипуляторы одинаковой формы. Ведомый манипулятор имеет мощную функцию обратной связи. Она точно следует за ведущей рукой при помощи гидравлической системы, что значительно повышает осведомленность оператора процессом.

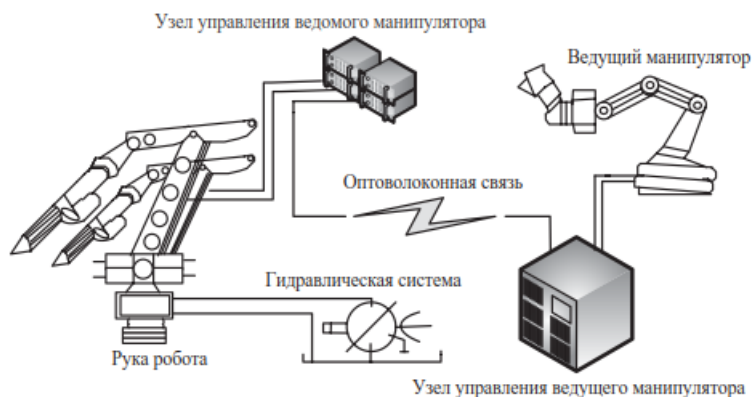


Рис. 6.21. Принципиальная схема ведущего и ведомого манипуляторов

Манипулятор (рука) робота приводится в действие гидравлически или с помощью двигателя. Метод приведения в действие при помощи двигателя, используемый в роботах, производящих работы под напряжением наиболее распространен. Двигатели легко запускаются и подходят для сложных рабочих задач. Высокомоментный двигатель способен создавать высокий крутящий момент на низких оборотах или даже в условиях длительной остановки двигателя от перегрузки. Он характеризуется быстрым откликом, небольшими колебаниями скорости вращения, хорошими механическими свойствами и высокой линейностью, поэтому он подходит в качестве исполнительного компонента для небольших энергосберегающих и высокоточных роботов. Гидравлический привод отличается превосходной мощностью, быстрым откликом и высокой плотностью мощности передачи. Это обеспечивает компактную структуру системы, меньший вес, большую мощность, точное позиционирование и регулирование силы. Однако для этого требуется отдельная гидравлическая насосная станция, большая нагрузка на техническое обслуживание, более высокие затраты, а также программирование системы осуществляется намного сложнее. [11]

2) Основные функции

Робот, производящий работы под напряжением, имеет следующие особенности:

1) **Безопасность** - Надежные меры безопасности должны быть предусмотрены для робота, работающего под напряжением. Работу под напряжением следует выполнять только на тех деталях, которые необходимо заменить или отремонтировать. Ни при каких обстоятельствах это не должно вызывать межфазные или замыкания на землю. В то же время важно обеспечить личную безопасность оператора.

2) **Программируемость** - критерий оценки и последовательность действий управляются только программным обеспечением. Например, при замене изолятора стратегия выполнения работы может быть автоматически изменена в соответствии с формой изолятора (штыревой изолятор, натяжной изолятор и т. д.) для того, чтобы улучшить практичность работы.

3) **Адаптируемость** - качество и количество работ можно регулировать в зависимости от рабочей среды и объекта. Например, ремонт проводов под напряжением выполняется в соответствии с соответствующими стандартами в зависимости от таких факторов, как класс напряжения, ток, изолированные провода или неизолированные провода.

4) **Универсальность** – Рабочий орган в руке робота имеет унифицированный механический и силовой интерфейс, который можно использовать для других действий, пока меняется целевой инструмент. Например, рабочий орган можно использовать для резки кабелей, если он соединен с кабельным ножом, или он может зачистить изоляционные сердечники, если он соединен с устройством для зачистки проводов.

Робот, производящий работы под напряжением, осуществляет автоматическое управление и контроль работы под напряжением. Он может планировать стратегии выполнения работы и выполнять указанную ему работу на линии под напряжением, основываясь на информации, хранящейся в нем, и информации о внешних рабочих условиях. [12]

6.3.1.2 Роботы-манипуляторы в Японии

Результаты демографической переписи, проведенной правительством Японии в конце 1980-х годов, показали, что в будущем будет наблюдаться постепенное старение населения и все более серьезная нехватка рабочей силы. В результате по всей Японии произошла общенациональная волна революции в области автоматизации. Компания Kyushu Electric Power Co. Inc. (КЕРСР) возглавила революцию в области автоматизации. Учитывая риски падения с большой высоты и поражения электрическим током, которые могут возникнуть в результате традиционного метода работы на распределительных линиях под напряжением, в 1984 году КЕРСР начала сотрудничать с Yaskawa Electric Corporation, чтобы разработать роботов для проведения работ на распределительных линиях под напряжением в более безопасном и более эффективном способом. Япония, будучи первой страной, которая разработала роботов, работающих под напряжением, добилась наибольших успехов в этой области, увидела огромные возможности в их применении для мировой индустриализации. Было пройдено три этапа разработки:

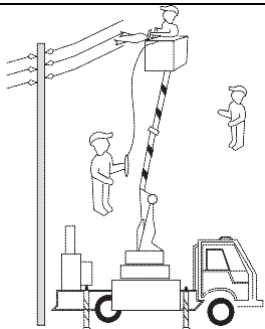
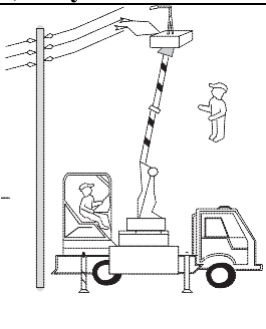
Фаза I (1984-1989 гг.): Робот первого поколения – робот ручного управления;

Фаза II (1990-1997): Робот второго поколения - полуавтоматический робот;

Фаза III (с 1997 года по настоящее время): Робот третьего поколения - полностью автоматический робот;

Таблица 6.9 дает общий обзор трех поколений роботов.

Таблица 6.9. Обзор роботов, работающих под напряжением на разных этапах развития в Японии.

	Фаза I (Ручной)	Фаза II (Полуавтоматический)	Фаза III (Автоматический)
Условия работы			
Оператор	Управляет манипулятором из корзины	Управляет из кабины на кузове машины	Не требуется ручное управление
Безопасность	Опасность падения: низкая	Нет опасностей	Нет опасностей
Рабочая среда	Рабочие навыки: средний	Рабочие навыки: низкие	Навыки работы не требуются (в будущем)
Код-во техников	3 человека	2 человека	1 человек
Цена	\$727 000	\$1 000 000	/

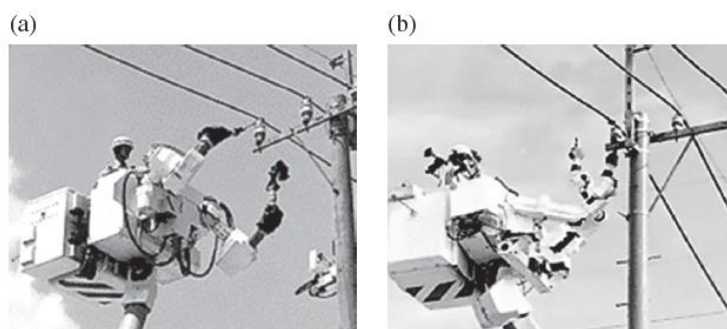


Рис. 6.22 Внешний вид роботизированной системы работающей под напряжением «Фаза I» а) Двигательный привод; (b) Гидравлический привод.

Роботы первого поколения с двумя степенями свободы (DOF) предназначены для выполнения работ под ручным управлением и приводятся в действие двигателем или гидравликой, как показано на рис. 6.22. Техник выполняет работу в изолированной корзине на высоте и следит за ходом работы. Для эксплуатации робота требуются как минимум три рабочих. Один непосредственно управляет механической рукой на высоте, второй оказывает помощь на земле с помощью пульта дистанционного управления, а третий следит за безопасностью. [13]

Для повышения эффективности работы, роботы второго поколения, основанные на роботах первого поколения, имеют дополнительные функции, включая систему визуального размещения, устройство автоматической смены инструмента, взаимодействие человека с машиной и распознавание речи. Они называются полуавтоматическими роботами, работающими под напряжением, как показано на рис. 6.23. Изображения, снятые камерой высокого разрешения, установленной на корпусе робота, передаются в наземную кабину управления, где техник выполняет дистанционное управление роботом, таким образом, избегая прямого контакта с высоким напряжением и исключая риск падения с большой высоты. Требуются как минимум два техника. Один управляет механической рукой через главный дисплей управления в наземной кабине управления, в то время как другой следит за безопасностью [14] [15]

Робот третьего поколения полностью автоматический. Кабина управления не требуется, и на месте необходим только один инспектор по безопасности. Техник использует ручной терминал для наблюдения за работой, тем самым удаляя человеческий фактор из рабочего процесса. Робот третьего поколения имеет схожую структуру корпуса с роботом второго поколения, но он более интеллектуально развит. Он оснащен системой трехмерного зрения, которая автоматически определяет рабочую среду, делает вывод и выполняет операции с помощью искусственного интеллекта. Он также интегрирует и использует технологию передачи данных, технологию позиционирования стереоскопического зрения, технологию компьютерного управления и технические средства распознавания образов. Робот третьего поколения может автоматически разместиться перед работой, автоматически контролировать процесс во время работы, автоматически проверять качество работы и вносить необходимые исправления после окончания работы.

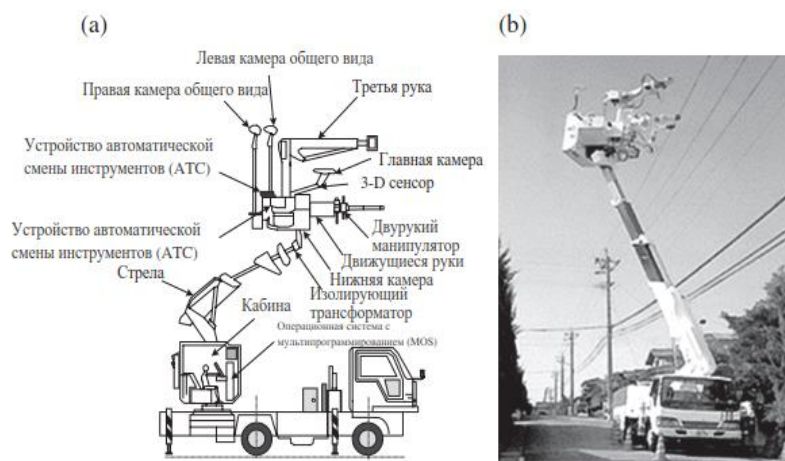


Рис. 6.23. Структура роботизированной системы работы под напряжением «Фаза II». а) Схематическое изображение «Фазы II»; (b) Физическое изображение «Фазы II».

Учитывая историю развития в Японии роботов, работающих на линиях под напряжением, до того, как роботы были введены в практическое применение, многие японские ученые полагали, что по сравнению с работой под напряжением в ручном режиме, роботы, в которых были инвестированы средства компании КЕРСР, как и другое тяжелое оборудование, как канатная дорога, автомобильный трансформатор или генератор на основе транспортного средства из-за дорогих цен и высоких затрат на техническое обслуживание в конечном итоге потерпят неудачу. Тем не менее, оказалось, что после многих лет регулярного использования работающие под напряжением роботы оказались экономически выгодными. Они намного превосходят ожидания, о чем свидетельствует анализ выгод, показанный на рис. 6.24.

На рубеже веков в Японии было 93 робота, работающих на линиях под напряжением. На рис. 6.25

показано количество несчастных случаев на линиях электропередачи в КЕРСР за 10-летний период. По сравнению с традиционным методом работы в ручном режиме, популярность роботов приводит к резкому снижению числа случаев поражения электрическим током и гарантирует безопасность рядового персонала [17].

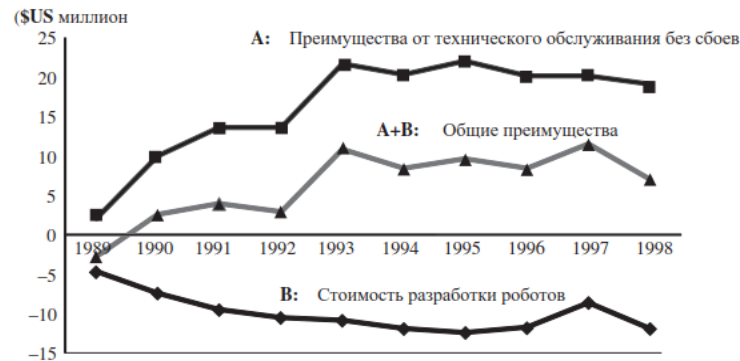


Рис. 6.24. Стоимость и выгода в разработке роботов с 1898 по 1998 год.

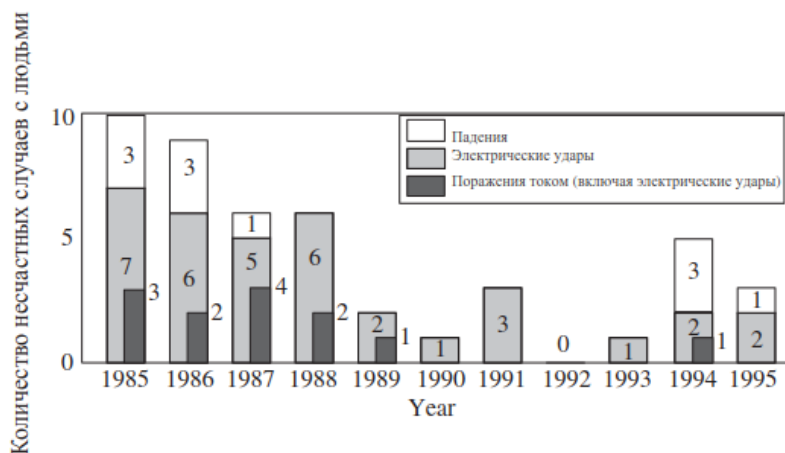


Рис. 6.25 Число несчастных случаев на линиях электропередачи в КЕРСР и ее дочерних компаниях с 1985 по 1995 гг.

6.3.1.3 Роботы-манипуляторы в Китае

Благодаря росту производства роботов, работающих на линиях под напряжением за рубежом, китайские энергокомпании осознали важность использования роботов-манипуляторов. Тем не менее, из-за высокой стоимости импортных роботов различных классов напряжения распределительных сетей, важно было разработать собственных, адаптированных для Китая. С учетом многих ограничений исследования роботов-манипуляторов начались относительно поздно в конце 1990-х годов. Исследовательские работы проводились десятилетиями в трех этапах: На первом этапе два робота-манипулятора MOTOMAN используются для выполнения работ на линиях под напряжением. Оператор просто управляет движением рук робота с клавиатуры. Из-за технических ограничений и ограниченного доступа к технологиям систем управления из-за пределов Китая, метод контроля «ведущий-ведомый» недостижим.[18] [19]

На втором этапе начинает использоваться метод управления ведущий-ведомый. Оператор управляет роботом-манипулятором местной разработки с двигательным приводом двумя способами: первый - с помощью ведущего рычага управления, второй - с помощью клавиатуры или ручного терминала. Два метода управления одновременно также доступны. Когда расстояние между руками робота и целевым объектом велико, руками робота используется метод управления «ведущий-ведомый». Когда расстояние мало, осуществляется автоматическое управление. Однако манипуляторы робота из-за собственных ограничений по весу не отвечают требованиям подъемного устройства с изолирующим звеном.

На третьем этапе компании State Grid Changzhi Power Supply и Shandong Luneng Technology Co., Ltd. сотрудничали в разработке роботов с гидравлическим приводом, оснащенных различными мерами

защиты изоляции. Роботы исключают операторов из работ на высоте, под высоким напряжением и сильным электромагнитным полем и максимально повышают безопасность техников. В настоящее время роботы официально введены в эксплуатацию и могут выполнять ряд рабочих задач под напряжением, таких как обрезка проводов, подключение проводов или замена изоляторов, как показано на рис. 6.26, исходя из этого значит, что в Китае роботы, работающие под напряжением достигли определенной практичности. Однако руки роботов все еще не оснащаются мощной системой обратной связи. Это делает ведущий манипулятор неспособным выполнять сложные задачи, учитывая силу ведомого манипулятора. Это сильно ограничивает область применения и эффективность.

В 2012 году ключевой проект «Общественная безопасность и Робот-Спасатель» в области передовых технологий производства под эгидой Китайского плана развития высоких технологий «12-я пятилетка (125)» («Программа 863») инициировал исследование «Разработка и применение роботов, выполняющих задачи по ремонту линий под напряжением». Считается, что в ближайшем будущем Китай увидит широкомасштабное практическое применение роботов, работающих на линиях под напряжением.

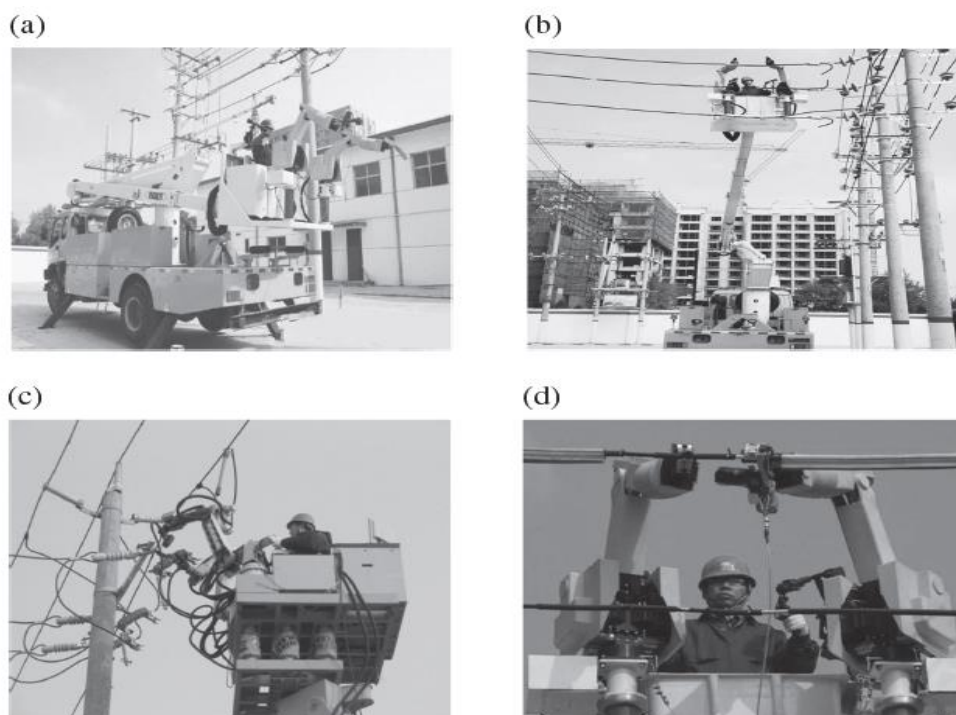


Рис. 6.26. Китайские роботы третьего поколения. а) готовый к эксплуатации робот; (b) Робот, подлежащий изолирующему экранированию; (c) Робот, заменяющий изоляторы; (d) Робот, защищающий сердечники.

6.3.1.4 Использование роботов-манипуляторов в других странах

Начиная с 1980-х годов, многие страны, такие как США, Канада, Южная Корея, Испания, Франция и так далее, проводили исследования роботов работающих под напряжением.

Научно-исследовательский институт энергетики США (EPRI) начал исследования ТОМСАТ в 1985 году. Его продукт первого поколения, подлежащий дистанционному контролю со стороны оператора с земли, представляет собой робота управляемого по принципу ведущий-ведомый с одним гидравлическим приводом DOF, но его механические свойства были довольно плохие. В настоящее время ТОМСАТ последнего поколения в Америке делает прорыв в уровне защиты изоляции и производит работу под напряжением в экстремальных погодных условиях.

Канадская компания Hydro-Quebec в середине 1980-х годов провели собственные исследования роботов работающих под напряжением. Роботы оснащены рукой с гидравлическим приводом. Их конструкция аналогична японским роботам первого поколения. Оператор дистанционно управляет роботом с изолированной корзины, установленной на конце подъемного механизма. Они имеют класс изоляции в 25 кВ. В то же время Франция начала исследования по двум проектам роботов работающих

под напряжением. Один проект был поддержан Électricité de France S.A. (EDF) в 1990-х годах, но был приостановлен из-за технических проблем и ограниченности инвестиционного фонда. До конца 1990-х годов, при поддержке Yaskawa Electric Corporation и KEPCO, Thomson-CSF, европейский производитель интегрированных двигателей, преуспел в создании прототипа роботов, но их практическое применение все еще оставалось на прежнем уровне.

На основе японских роботов второго поколения работающих под напряжением, в 1994 году Испания разработала робота, который может работать под напряжением, при 69 (кВ) и ниже. Робот оснащен двумя руками с 6 степенями свободы и вспомогательным рычагом с тремя степенями свободы.

Подводя итог, можно сказать, что с развитием науки и техники роботы, работающие в под напряжением, будут более широко использоваться в качестве рабочих инструментов нового поколения. Кроме того, дальнейшие исследования и разработки роботов работающих в под напряжением должны быть сосредоточены на следующих вопросах:

Надежная защита изоляции: поскольку робот, работающий под напряжением обычно выполняет работу на линиях или оборудовании под напряжением, робот должен иметь надежные меры защиты изоляции. Должно быть достаточно защитных мер для обеспечения абсолютной безопасности электросетей и техников даже в случае сбоя или ошибки в работе робота.

Простая структура: робот должен не только иметь возможность имитировать движения человека, но и должен использовать легко выполняемые движения для замены движений человека. Чтобы поддерживать работу робота, расположение распределительных линий и структура соединительных фитингов должны быть максимально унифицированы и стандартизированы.

Широкое применение: Роботы, работающие под напряжением, должны быть в состоянии выполнять несколько задач, в которые также входит исполнение замены руки-манипулятора для повышения эффективности и сокращения затрат.

Однако в настоящее время не существует технических стандартов для роботов, работающих под напряжением, поэтому необходимо изучить и сформулировать серию технических стандартов, чтобы облегчить дальнейшую разработку роботов, работающих под напряжением.

6.3.2 Рабочие инструменты

6.3.2.1 Электрические зажимы

Роботы, работающие под напряжение могут выполнять различные задачи. Вне зависимости от задачи левая рука используется для захвата деталей, тогда как правая рука действует по-разному в зависимости от задачи. Например, при замене переключателя выпадения левая рука используется для захвата верхнего вывода, переключателя выпадения, траверсы и нижнего вывода на разных этапах задачи, тогда как правый рычаг используется для резки проводов, затягивания гаек, зажима изолятора и подключения проводов. Поэтому левая рука оснащена зажимом, обладающим адаптивными механическими способностями. Зажим может захватывать объекты различной формы и характеризуется большой силой захвата, высокой эффективностью передачи, простым строением и легким весом. Зажим показан на рис. 6.27.

6.3.2.2 Автоматический инструмент для зачистки проводов

Инструмент для зачистки в основном как показано на рис. 6.28 состоит из редукторного мотора постоянного тока, соединительного штока, коромысла, храповика, кривошипа и режущей головки. Когда объект надежно закреплен механической рукой, устройство для зачистки обеспечивает надежное соединение проводов прессованием и автоматическое снятие. Кроме того, его скорость является управляемой и регулируемой, отвечающей требованиям работ на распределительных линиях под напряжением.

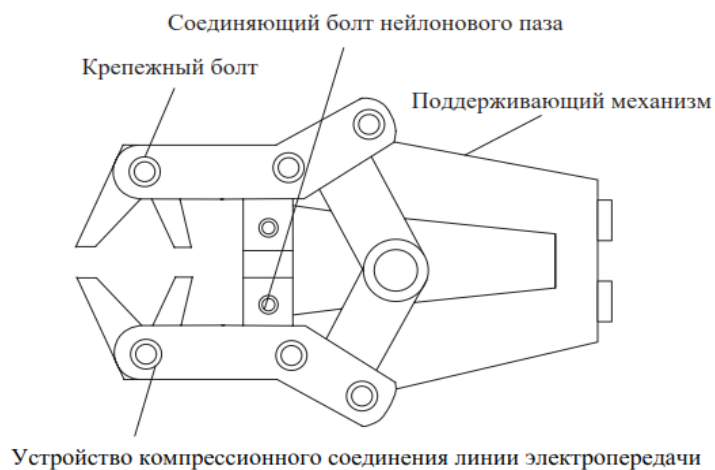


Рис. 6.27 Электрический зажим

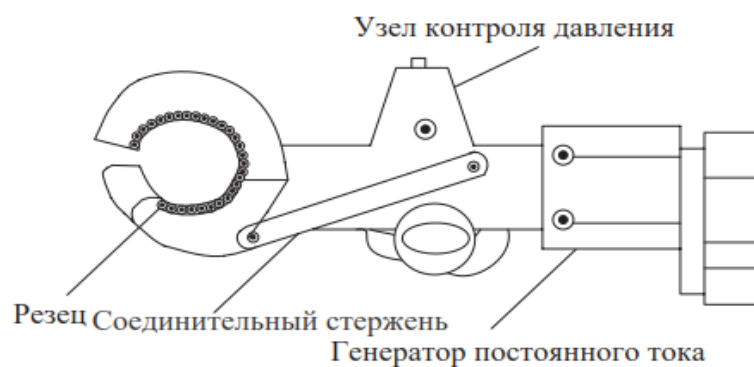


Рис. 6.28 Автоматический инструмент для зачистки проводов.

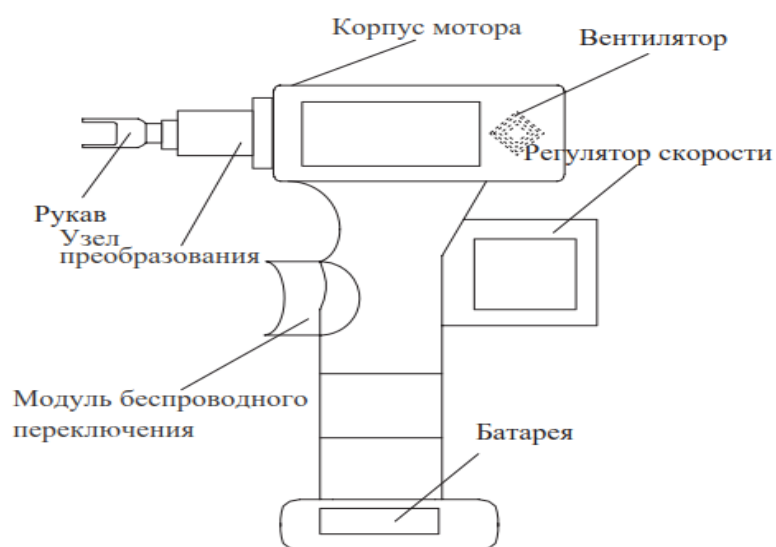


Рис. 6.29 Электрический гаечный ключ

6.3.2.3 Многофункциональный электрический гаечный ключ сборной конструкции

Во время работы под напряжением робот использует электрический ключ, чтобы закрепить гайки и затянуть хомуты. Его структура показана на рис. 6.29. Электрический ключ может подойти для гаек М8-М14, а его максимальный крутящий момент на выходе составляет 118 (Нм).

6.3.2.4 Гайкорез

Гайки, которые являются ржавыми или заклинивают на распределительной линии, должны быть удалены гайкорезом. Гайкорез, как показано на рис. 6.30 состоит из мотора, выключателя питания, рабочей головки, приводного механизма, внешней оболочки, рукоятки, аккумулятора и зарядного устройства. В качестве источника энергии используется батарея с высокой энергоемкостью, что делает режущий инструмент пригодным для работы в высотных условиях на мачтах и опорах, благодаря ее малому весу. Гайкорез компактен и прост в использовании. Он может подстраиваться к размеру гайки. Ширина гаек варьируется от 17 (мм) до 36 (мм). Время, необходимое для того, чтобы разломить гайки, составляет всего около 10 секунд. Кроме того, рабочая головка может вращаться на 360° и подходит для работы под разными углами.

6.3.2.5 Болторез

Электрический болторез, как показано на рис. 6.31 состоит из мотора, приводного механизма, рабочей головки, внешней оболочки, рукоятки, выключателя питания, аккумулятора и зарядного устройства. Робот использует электрический болторез, который прост в управлении. Блок управления может быть установлен в хвосте приводной части электрического болтореза для осуществления дистанционного управления.

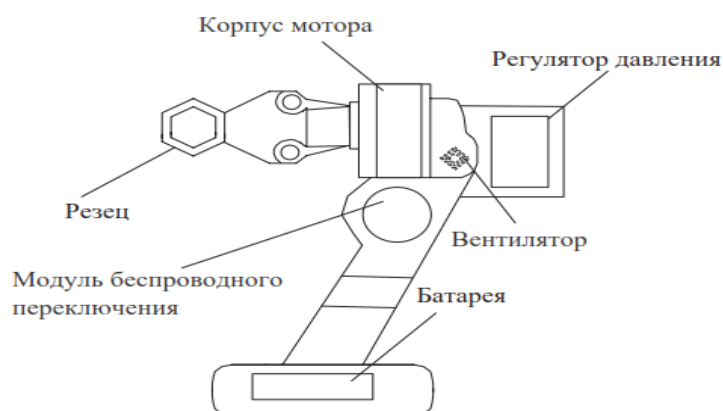


Рис. 6.30 Гайкорез

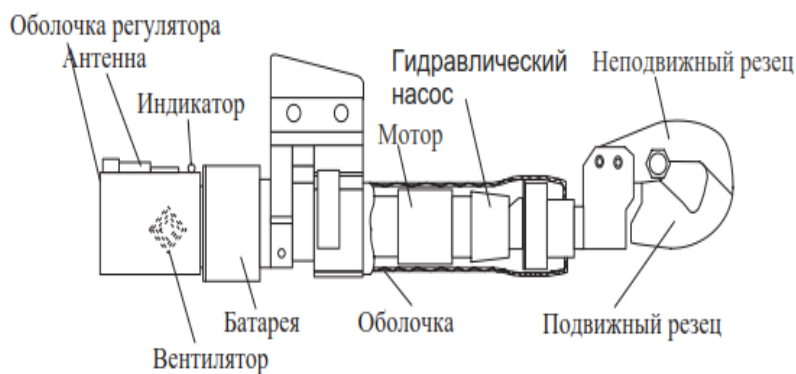


Рис. 6.31 Болторез

6.3.3 Испытания функциональных характеристик изоляции

Функциональные характеристики изоляции являются наиболее важными показателями безопасности робота-манипулятора. Ниже приведены стандарты на проведение испытаний для роботов, работающих на распределительных линиях под напряжением 10 (кВ).

6.3.3.1 Испытание изоляционных свойств манипуляторов

1) Испытание на стойкость к напряжению переменного тока

Испытание на стойкость к напряжению переменного тока выполняется на двух изолирующих руках-манипулятора, а также между манипуляторами и платформой, как показано на рис. 6.32 и 6.33. Чтобы выполнить испытание на стойкость к напряжению переменного тока на двух изолирующих манипуляторах, подайте напряжение переменного тока к концу одного манипулятора и заземлите конец другого. Применимые уровни напряжения показаны в Таблице 6.10.

2) Проверка утечки тока

Как и испытание на стойкость к напряжению переменного тока, проверка утечки тока также выполняется на двух изолирующих и между манипуляторами и платформой, как показано на рис. 6.34 и 6.35. В обоих испытаниях на испытуемом электроде используется 12,7 (мм) проводящей клейкой ленты. Применимые уровни напряжения и допустимые значения утечки тока приведены в Таблице 6.10.

6.3.3.2 Испытание изолирующей платформы

1) Испытание на стойкость к напряжению переменного тока

Как показано на рис. 6.36, фольга используется для наклеивания на верхнюю и нижнюю стороны изолирующей платформы, расстояние h между фольгой и краем платформы должно быть не более 150 (мм). В испытании используется 12,7 (мм) проводящая клейкая лента. См. Таблицу 6.11 для точных параметров.

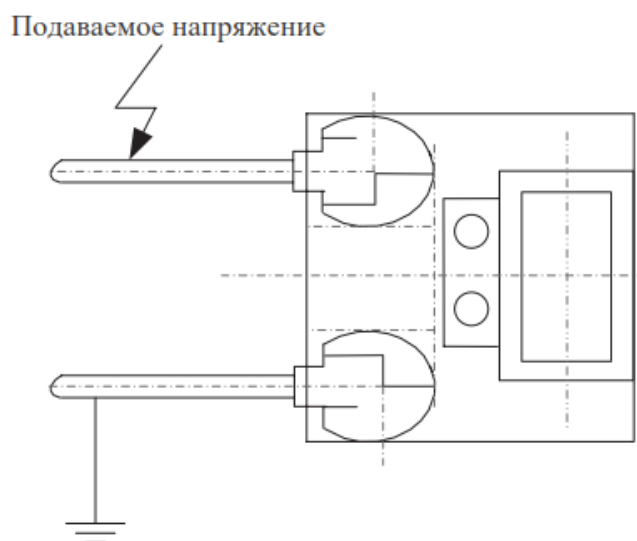


Рис. 6.32 Испытание на стойкость к напряжению переменного тока на двух манипуляторах.

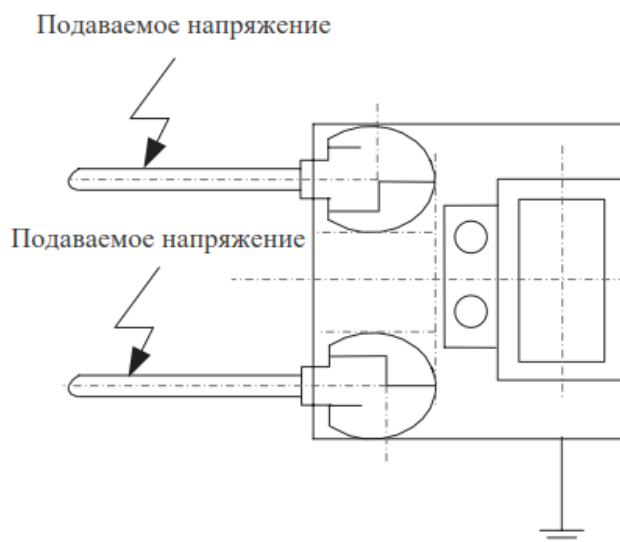


Рис. 6.33. Испытание на стойкость к напряжению переменного тока между манипуляторами и платформой.

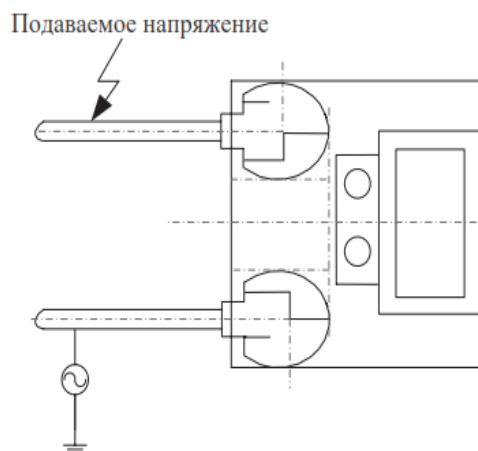
2) Проверка тока утечки

Метод испытания показан на рис. 6.37. Уровни приложенного напряжения и допустимые значения тока утечки приведены в Таблице 6.11. Кроме того, перед испытанием важно убедиться, что поверхность платформы гладкая, сухая, чистая и на ней нет вмятин.

Таблица 6.10 Испытание на изоляционные характеристики манипуляторов

Позиция испытания		Испытание на стойкость к напряжению промышленной частоты в течение 1 минуты, (кВ)	Испытание на переменного промышленной частоты Напряжение при испытании	на утечку тока Ток утечки, (мкА)
Между манипулятора и платформой	концом и	42	20	≤ 500
Конец двух манипуляторов		42	20	≤ 500

Рис. 6.34 Проверка утечки тока на двух манипуляторах.



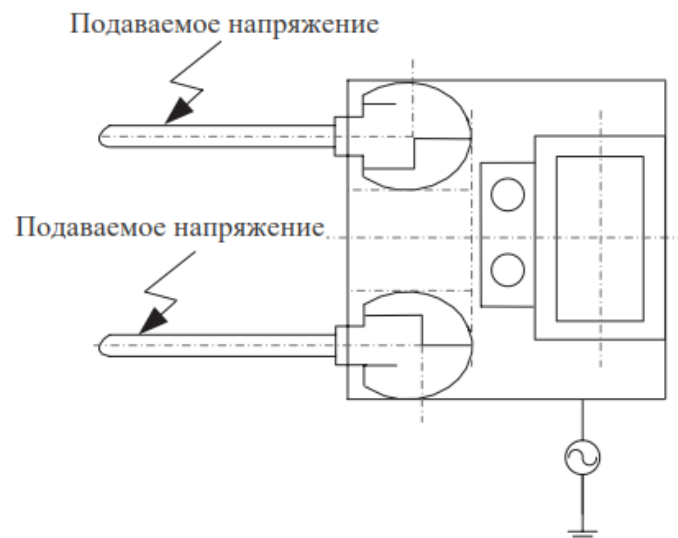


Рис. 6.35 Проверка утечки тока между манипуляторами и платформой.

Рис. 6.36. Принципиальная схема испытания изолирующей платформы на стойкость к переменному напряжению.

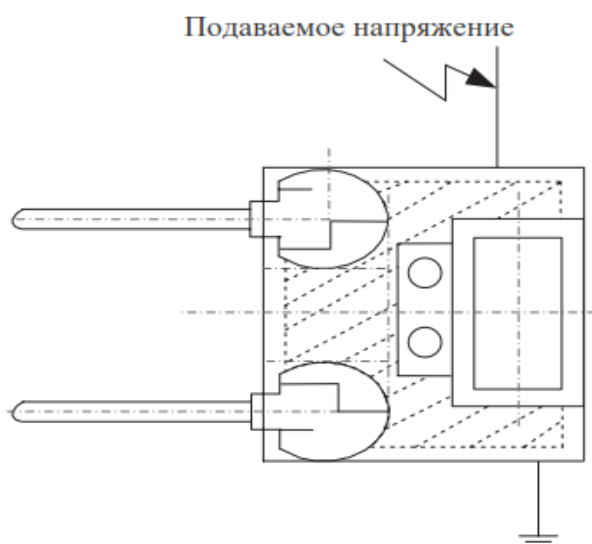


Таблица 6.11 Испытание изоляционных свойств поверхности изолирующей платформы.

Номинальное напряжение, (кВ)	Испытание утечки поверхности между внутренним и внешним электродами (м)	Испытание электрической прочности в течение 1 минуты (кВ)		Испытание на утечку переменного тока		
		Время приемки-передачи	Испытуемое расстояние (ч/м)	Испытуемое напряжение (кВ)	Ток утечки (мкА)	
10	0.4	42	0.4	20	≤200	

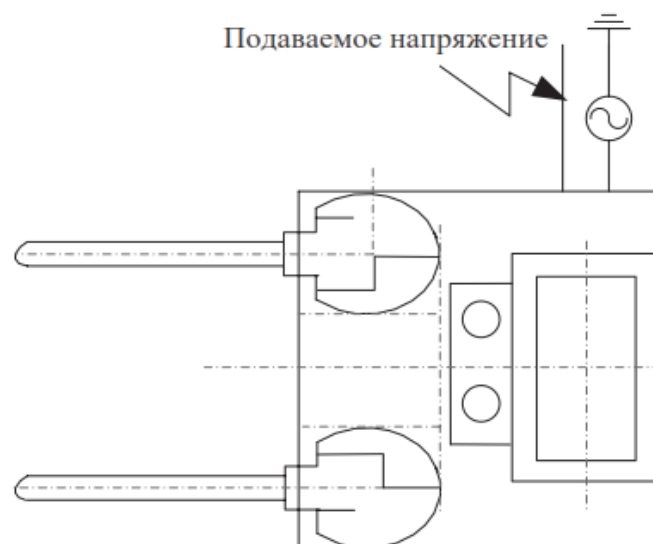


Рис. 6.37 Принципиальная схема проверки утечки переменного тока на изолирующей платформе.

Литература

1. Hu Yi. Live Working Technology on Distribution Lines[M]. Beijing: China Power Press, 2002.
2. IEC 61057, Aerial devices with insulating boom used for live working, 1991.
3. S. Montambault, J. Cote, and M. St-Louis, "Preliminary results on the development of a teleoperated compact trolley for live-line working," in IEEE-ESMO, 2000.
4. Barbieri, L, Insulated aerial vehicles and high voltage live working in Italy: tests and studies to assess the safety aspects, pp 1–5, 2014, 11th International ICOLIM Conference.
5. Hu Yi. Techniques of Live Working on Distribution Lines. Beijing: China Electric Power Press, 2002.
6. IEC 61057, "Aerial Devices with Insulating Boom Used for Live Working", 1991.
7. S. Montambault, J. Cote, and M. St-Louis, "Preliminary results on the development of a teleoperated compact trolley for live- line working," in IEEE-ESMO, 2000.
8. Barbieri, L, "Insulated aerial vehicles and high voltage live working in Italy: tests and studies to assess the safety aspects," pp 1–5, 2014, 11th International ICOLIM Conference.
9. Zhao Yuliang, Yi Yunchang, Qi Hui, et al. "Study on intelligent tools for live line working on high-voltage lines." Manufacturing Automation, 2012, vol. 2: 12–14.
10. Ma Xiaolin. The Design and Optimization of Hot-line Working Robot Operation Manipulator [D]. Shandong, Shandong Jianzhu University, 2014.
11. Zhao Yuliang, Qi Hui, Yi Yunchang, et al. "Development of high voltage live working robot." Manufacturing Automation, 2012, vol. 3: 114–117.
12. Zhao Huaxuan, Lu Shouyin. "Live line working robotics technology for power transmission and distribution systems." Distribution & Utilization, 2005, vol. 3: 56–58.
- 13 Wang Kaijun, Ying Hong, Lu Shouyin. "Developing background and prospect of high voltage live working robot." Zhejiang Electric Power, 2005, vol. 6: 15–17.
- 14 Keiichi TAKAOKA, Kazuhiko YOKOYAMA, Hitoshi WAKISAKO, et al. "Development of the Fully-Automatic Live-line Maintenance Robot- Phase III." International Symposium on Assembly and Task Planning 2001. Fukuoka, Japan: MAY, 2001.
- 15 Yoshinaga Maruyama, "Robotic applications for hot-line maintenance," Industrial Robot: an International Journal. vol. 27, pp. 357–365, 2000.
- 16 Kyoji YANO, Yoshinaga Maruyama, Kenji Morita, et al. "Development of the Semi-automatic Hot-line Work Robot System "Phase II"," in IEEE-ESMO, 1995.
- 17 Yoshinaga Maruyama, Kenji maki, Hironori Mori, et al. "A Hot-line Manipulator Remotely Operated by the Operator on the ground," in IEEE-ESMO, 1993.
- 18 Kiyoshi Tsukahara, Yorihiro Tanaka, Yingxin He, et al. "An Experimental Robot System for Power

Distribution Line Maintenance Robots - System Architecture and Bolt Insertion Experiment.” IET International Conference on Robots and Systems 2008. Nice, France: SEPT, 2008.

19 Hideyuki Harano, Kazuo Syutou, Toyohisa Ikesue, et al. “The development of the manipulator method for 20 kV class overhead distribution system.” IET International Conference on Transmission and Distribution 2002. Asia Pacific:OCT, 2002.

Производство работ под напряжением на распределительных сетях среднего напряжения

В настоящей главе представлены основные процедуры и методы работы на распределительных линиях среднего напряжения. В главе представлены методы работ на линиях электропередачи под напряжением для 10 типовых видов: пять несложных и постоянных работ и пять сложных и комплексных работ.

7.1 Основные процедуры и методы производства работ

7.1.1.1 Метеорологические условия для производства работ

1) Влияние температуры воздуха

Влияние температуры воздуха на безопасность работы под напряжением можно рассматривать в двух аспектах [1].

1) Температура воздуха оказывает влияние на электромонтера. Слишком высокая или слишком низкая температура может повлиять на комфорт тела и физические возможности техника. В частности, экстремально низкая температура воздуха может непосредственно влиять на использование физической силы, а также на гибкость и точность работы, в то время как устойчивая экстремально высокая температура может также вызывать тепловой удар и непосредственно повлиять на физические способности. В связи с обширной территорией Китая и большими различиями в метеорологических условиях, способности электромонтеров в адаптации к температуре воздуха имеют различия, поэтому температурные пределы для проведения работ на линиях электропередачи должны определяться местными условиями.

2) При разработке инструментов для проведения работ под напряжением следует также учитывать влияние температуры воздуха на нагрузку при эксплуатации (например, натяжение в проводе), чтобы разработать безопасные, легкие и подходящие инструменты в соответствии с температурой воздуха.

2) Влияние силы ветра

Влияние силы ветра на работу под напряжением отражается во многих аспектах.

1) Повышенная сложность выполнения работ в воздухе – очень высокая скорость ветра влияет на точность выполнения работ с использованием инструментария и затрудняет управление рабочими инструментами и стропами. Также становится сложным своевременно передавать команды от верхней к нижней части мачты.

2) Снижение уровня безопасности - сильный ветер увеличивает механические нагрузки (горизонтальные ветровые нагрузки), прилагаемые на инструменты; при большом отклонении линий ветром может измениться клиренс между опорами; направление ветра и сила ветра могут изменить направление и выдвижение дуги. В нормальных условиях, когда сила ветра превышает по шкале 5 баллов (скорость ветра 8 м/с), выполнять работу под напряжением нецелесообразно.

3) Влияние молнии

Влияние молнии на расстоянии более 20 км от рабочей зоны на работу под напряжением было полностью учтено для определения безопасного расстояния. Тем не менее, определение возможного возникновения молнии вблизи рабочей площадки остается ключевым фактором обеспечения безопасности работ под напряжением, так как перенапряжение, вызванное прямой молнией и индуктивной молнией, намного превышает тот показатель, которым оценивается безопасное расстояние, и представляет собой повышенную опасность. Таким образом, когда происходит резкая смена погоды и формируются грозовые темные облака, это принимается за показатель возможного возникновения молнии. Нужно быть предусмотрительным. Если при выполнении работ под напряжением слышен гром или видна молния, следует выполнить наблюдение за «поведением» молнии и за ситуацией вдоль трассы линии и определить, придется ли удар молнии на место производства работ. В случае вероятного попадания молнии на площадку, следует предпринять решительные меры, такие как приостановка работы [2].

Кроме того, перенапряжение, вызванное молнией (также называемое атмосферным перенапряжением), также представляет собой большую угрозу для безопасности рабочего

персонала, выполняющего работы под напряжением. Перенапряжение, вызванное индуктивной молнией или прямой молнией, может повредить изоляцию оборудования и рабочие инструменты, используемые для работ под напряжением. Таким образом, запрещается проводить работы под напряжением во время грозы.

4) Влияние дождя, снега, тумана и влажности воздуха. Дождевая вода, попадая на электротехнический инструмент, приводит к повышенному току утечки, что может вызвать переброс тока утечки (например, искрение изолирующих штанг) и воспламенение (например, расплавление нейлоновых канатов), вызывая серьезные травмы персонала или порчу оборудования. Поэтому в дождливые дни запрещено проводить работы под напряжением, и ответственное за них лицо должно быть достаточно предусмотрительно, чтобы своевременно определить, не будет ли на рабочей площадке резкого дождя и принять меры по остановке проведения работ на линиях под напряжением.

Туман в основном состоит из небольших капель воды и оказывает такое же влияние на электротехнические инструменты, как и дождевая вода, за исключением того, что воздействие на изоляцию происходит относительно медленнее. Туман приводит к повышенной влажности воздуха, поэтому в туманные дни запрещена работа на линиях под напряжением.

Снег, как правило, влияет на электротехнические инструменты незначительно, поскольку после выпадения снега они могут быть легко очищены. Однако, липкий снег, выпадающий ранней весной, может быстро растаять, образуемая вода при смешивании с примесями в воздухе влияет на изоляционные свойства даже более пагубно, чем дождевая вода. В результате, как только во время работ под напряжением начинает падать липкий снег, лицо, ответственное за проведение работ, должно предпринять экстренные меры.

Сегодня большинство электротехнических инструментов, используемых для работы под напряжением, изготавливают из слабополярных диэлектриков, таких как универсальная эпоксидная смола и ПВХ, а их поверхности обладают высокой изоляционной прочностью и гидрофобными свойствами. Однако при выполнении работ под напряжением с использованием инструментария во влажную и дождливую погоду на электротехнические инструменты, при продолжительном влиянии окружающей среды на электротехнические инструменты может попасть влага и грязь. Поскольку большинство загрязнений в воде и грязь являются сильными полярными диэлектриками, эти загрязнения влияют на поверхность электротехнического инструмента, что приводит к значительному снижению сопротивления изоляции и соответствующему увеличению тока утечки. Если загрязнение на поверхности подвергается неравномерному воздействию влаги, то под действием приложенного напряжения распределение напряжения в изолированном инструменте становится неравномерным, снижая, таким образом, напряжение разряда электротехнического инструмента. Поэтому чистая и сухая поверхность электротехнических инструментов важна для обеспечения безопасности персонала.

Подводя итог, следует отметить, что проведение работ под напряжением, как правило, следует выполнять при благоприятных и сухих погодных условиях, когда сила ветра не превышает по шкале 5 баллов (скорость ветра менее 8 м/с), температура воздуха и условия на местности являются приемлемыми и отсутствуют молнии внутри или вблизи рабочей зоны. В случае грома, дождя, снега или тумана запрещено выполнять работы на под напряжением. Если сила ветра превышает по шкале 5 баллов или относительная влажность воздуха превышает 80%, не рекомендуется выполнять работы под напряжением.

Если предстоит выполнить срочный ремонт на линии электропередачи в плохих погодных условиях, следует организовать рабочий персонал, выполняющий работы под напряжением, для полного обсуждения надежных мер, которые должны быть приняты. Срочный ремонт не может быть выполнен, пока надежные меры не будут проверены профессиональными инженерами, авторизованными для работ под напряжением, и не будут одобрены руководителем, ответственным за эксплуатацию, или главным инженером.

7.1.2 Основные рабочие процедуры

Работы под напряжением на распределительных сетях среднего напряжения должны выполняться в строгом соответствии с надлежащими рабочими процедурами, безопасным и упорядоченным образом.

1) Подготовка к работе

- 1) Проведите расследование на рабочей площадке. Это необходимо для изучения условий на месте прокладки линий и устройства мачт, а также условий окружающей среды, топографических и географических условий, чтобы определить целесообразность проведения работ на линиях под напряжением и составить план работ на участке.
 - 2) Изучите техническую информацию о соответствующей линии. Сюда входит изучение соответствующих чертежей, свойств и технических характеристик линии и оборудования, и условий при которых прилагаются силовые нагрузки, определение режима системной проводки, выбор методов работы и инструментов, а также решение вопроса о необходимости отключения автоматического выключателя фидера.
 - 3) Изучите метеорологические условия на запланированный для проведения работ день. Работы не могут быть проведены без соблюдения вышеуказанных метеорологических условий.
 - 4) Обучите персонал рабочим инструкциям, для досконального изучения процедур.
- 2) Проанализируйте опасные моменты перед началом работы. Следует проанализировать опасные рабочие моменты, которые могут быть вызваны характером работ, методами работы, возможными исключениями из правил используемых рабочих инструментов и резкими изменениями погоды, и предложите соответствующие меры контроля [3].
- 3) Начало работы
- 1) Начало подготовки
 - i) Проверьте и подготовьте инструменты и материалы. Подготовьте необходимые инструменты и материалы в соответствии с содержанием и методом выполнения работ; выполните необходимые проверки, чтобы убедиться, что инструменты и материалы являются подходящими и находятся в достаточном количестве.
 - ii) Подайте наряд-заказ на выполнение работ под напряжением.
 - iii) Проведите планерку с участием работников. Такое собрание в основном включает в себя распределение обязанностей работников, организацию заданий для членов команды, разъяснение мер безопасности и предосторожности, а также согласование со всеми членами команды. Все работники должны четко понимать вышеуказанные требования.
 - iv) Работа не может быть выполнена до тех пор, пока не будет деактивировано повторное включение фидера (для работ с деактивацией повторного включения), а также без утверждения наряд-заказов соответствующим ответственным лицом.
 - 2) Работа на площадке
 - i) Проверьте инструменты и материалы. Лицо, ответственное за работу, должно контролировать и проверять правильность использования работниками средств индивидуальной защиты. Бригада перед использованием должна проверить комплектность используемых инструментов и тщательно осмотреть их на наличие повреждений, деформаций или поломок. При проверке электротехнических инструментов необходимо надевать чистые и сухие хлопчатобумажные перчатки и предотвращать попадание на них грязи и влаги во время использования. При выполнении работ на опорах необходимо также проверять прочность крепления опоры, фундамента и оттяжки, а также убедиться в том, что инструменты для подъема на опоры надежно закреплены и находятся в исправном состоянии.
 - ii) Наземный персонал устанавливает защитные ограждения и знаки в пределах рабочей зоны для предотвращения доступа транспортных средств и пешеходов. Для охраны сложных участков привлекают специализированный персонал.
 - iii) Припаркуйте подъемное устройство с изолирующими звеньями в заранее определенном месте, используйте его для инспекционной проверки. Надежно заземлите подъемное устройство с изолирующими звеньями. Для выполнения работ в изолированной корзине два электромонтера должны надеть изолирующие защитные приспособления, иметь при себе изолированные канаты и небольшие инструменты для входа в изолированную корзину. Включите подъемную платформу с изолированными звеньями и поднимите изолированную корзину на заранее установленное положение. Выполните пробный запуск, чтобы убедиться в исправности гидравлической, приводной, вращающейся и подъемной систем, а также в надежности рабочих и тормозных устройств. Электромонтеры должны располагаться в изолированной корзине устойчиво, а техник, отвечающий за работы, должен помогать контролировать и наблюдать за окружающей средой и своевременно оповещать о любых тревогах.

iv) Устройство изолирующего экрана. Техники работают скоординировано друг с другом, при использовании изолированных средств (например, изолированные экранирующие накладки), для устройства экранирующего покрытия и для изоляции линейных и заземленных частей, не соответствующих требованиям к безопасному расстоянию. Изоляционное покрытие следует прокладывать по принципу «от ближнего к дальнему» и «от низкого к высокому», тогда как многослойные покрытия следует наносить от внутренней стороны к внешней; наружный слой должен накрывать экранирующее покрытие. Снимать следует в обратном порядке.

v) Выполняются плановые работы.

4) Завершение работ

1) Уборка рабочей площадки и очистка инструментов. Внимательно проверьте, не осталось ли что-либо на опорах (мачтах), проводах и оборудовании. Лицо, ответственное за работу, должно полностью контролировать процесс завершения работ. Выход с площадки запрещен, пока не будет подтверждено, что все в порядке. После завершения работ необходимо убрать все материалы и оставить площадку чистой.

2) Сообщите соответствующим ответственным лицам, что работы завершены, и наряд-заказ выполнен.

3) Провести планерку по окончанию рабочей смены для подведения итогов и составления отчетов о работе.

5) Необходимые меры безопасности

1) Обеспечить соблюдение электромонтерами безопасного расстояния. При проведении работ на линиях 10 кВ безопасное расстояние от электромонтера, инструмента и материала до ближней детали под напряжением должно быть не менее 0,6 м, а безопасное расстояние от электромонтера, инструмента и материала до заземленной части должно быть не менее 0,4 м. Если требование к безопасному расстоянию не может быть соблюдено, то в качестве надежной изоляции следует использовать изолирующие защитные средства. Размер изолирующего защитного средства должен быть более чем на 0,4 м больше, чем область работы электромонтеров.

2) Во время работы необходимо предотвращать колебания проводов и кабелей, чтобы избежать запутывания или короткого замыкания между фазами.

3) Запрещается приносить на рабочую площадку несоответствующие требованиям инструменты. Перед началом работы необходимо проверить инструменты на наличие повреждений, деформаций или сбоев в работе. Во время работы важно не допускать попадания грязи и влаги на изоляционные инструменты. Покрытие и перекрывающаяся часть диэлектрических ковров должна быть больше 0,15 м.

4) Электромонтеры должны надлежащим образом использовать прошедшее квалификацию защитное снаряжение.

5) Назначенные ответственные лица должны быть организованы для проведения контроля на рабочей площадке и не должны одновременно выполнять работы на линии. Диапазон контроля не должен выходить за пределы рабочей точки.

6) Контроль продолжительности проведения работ. Фактическая продолжительность работы электромонтера под напряжением должна контролироваться в зависимости от его физиологических возможностей (должностных обязанностей), и электромонтер может быть заменен при необходимости.

7) При необходимости деактивируйте повторное включение фидера. В любой из следующих ситуаций необходимо деактивировать повторное включение. Принудительное включение запрещено.

i) Работы, которые могут привести к однофазному заземлению в распределительной сети, где нейтральные точки заземлены надлежащим образом.

ii) Работы, которые могут привести к короткому замыканию между фазами в распределительной сети, где нейтральные точки не заземлены надлежащим образом.

iii) Лицо, выдающее наряд-заказы, или лицо, ответственное за работу, считает необходимым деактивировать повторное включение. Например, для некоторых проектов распределительных сетей под напряжением, поскольку изоляционная защита ниже максимального внутреннего перенапряжения, следует деактивировать повторное включение

фидера. Это необходимо для предварительного сброса перенапряжения при повторном включении, чтобы обеспечить безопасность персонала.

- 8) Если во время проведения работ оборудование внезапно обесточивается, рабочие должны считать, что оно все еще находится под напряжением.

7.1.3 Рабочие инструкции

Для регламентирования работ на участке и обеспечения полного технологического контроля безопасности и качества работ следует всесторонне пропагандировать и применять рабочие инструкции для проведения работ под напряжением. Рабочие инструкции могут помочь регламентировать рабочие процедуры, функциональные возможности рабочего персонала и постоянно совершенствовать их практические навыки работы, чтобы сократить количество нарушений и свести к минимуму несчастные случаи, связанные с человеческим фактором.

Рабочие инструкции для проведения работ под напряжением должны быть предварительно подготовлены в соответствии с различными типами работ в сочетании с характеристиками участка и регламентированы для включения рабочих процедур, организационных мер, мер безопасности, технических мер, процедур для работы на площадке и правил проведения работ. Для обеспечения безопасного и эффективного выполнения различных задач электромонтеры должны изучить и соблюдать рабочие инструкции. Рабочие инструкции должны состоять из двух этапов, а именно: подготовка и утверждение, а также изучение и применение.

1) Подготовка и утверждение

Рабочие инструкции должны быть составлены в соответствии с действующими нормами и требованиями в сочетании с условиями на соответствующей рабочей площадке. Во время подготовки необходимо проанализировать опасные моменты на рабочем участке и во время работы. Должны быть предложены комплексные и регламентированные организационные меры, технические меры и меры безопасности. Рабочие инструкции должны быть пересмотрены и согласованы, а также подвергаться динамичному управлению для своевременного осмотра, подведению итогов, дополнения и улучшения.

2) Изучение и применение

Весь рабочий персонал должен быть обучен утвержденным рабочим инструкциям. Персонал должен понять содержание и основные моменты в работе, прежде приступить к действиям, и обеспечивать работу на участке в соответствии с требованиями. Они должны осуществлять полный контроль над безопасностью и качеством работ, а также тщательно выполнять работы на участке в соответствии с требованиями, следуя соответствующим правилам и нормативам в сочетании с рабочими условиями данного участка. Образец *Рабочие инструкции для производства работ при бесперебойной подаче электропитания потребителю* см. в Приложении. Различные регионы могут предварительно подготовить и применить рабочие инструкции в зависимости от характеристик местности и условий на рабочей площадке.

7.1.4 Основные методы производства работ

Поскольку в воздушных распределительных линиях среднего напряжения провода трехфазной цепи прокладываются на небольшом расстоянии друг от друга, а распределительные устройства среднего напряжения установлены компактно, электромонтеры могут легко достать до электроэнергетических устройств с разных позиций. В отличие от линий высокого напряжения и подстанций, которые имеют стандартные и нормативные конструкции, воздушные распределительные линии среднего напряжения имеют различные типы опор, устройств, изоляторов и строения проводов. В некоторых случаях несколько цепей проводов прокладываются на одной опоре, в несколько слоев или пересекаются друг с другом, что затрудняет работу на линиях под напряжением. Однако, в связи с относительно низким классом напряжения на сетях среднего напряжения, изолирующие защитные приспособления могут быть использованы для формирования смешанной изоляции, чтобы увеличить безопасное расстояние и повысить безопасность персонала. Кроме того, поскольку опоры и мачты распределительных линий среднего напряжения короткие, а распределительные линии среднего напряжения проложены с обеих сторон дороги для удобства при транспортировке, при работе могут применяться подъемные устройства с изолирующим звеном. Данный вариант является очень удобным для проведения работ под напряжением на линиях электропередач среднего напряжения.

Экранирующая изоляция и меры по изоляции при работе на распределительных сетях под напряжением заключаются в установке изолирующего защитного покрытия или барьера на детали под напряжением или заземленной части для восполнения нехватки расстояния для обеспечения безопасности. Изолирующее защитное покрытие или барьер в комбинации с расстоянием, которое увеличивает длительность прохождения разряда в газовой среде и улучшает напряжение разряда, тем самым повышая безопасность работы. Однако при принятии данных защитных мер следует учитывать следующие три момента: (1) Они могут быть применены только для проведения работ под напряжением на распределительных сетях среднего и низкого напряжения; (2) Не оказывает влияния на основную изоляцию, но допускает кратковременный "слабый контакт" и используется в основном для ограничения области работы электромонтера; (3) Изолирующие защитные покрытия должны применяться наряду с защитным оборудованием.

При проведении работ под напряжением на распределительных сетях обычно применяется метод прямой работы, при котором в качестве основной изоляции используется изолированная корзина (стрела) подъемного устройства с изолирующим звеном или изолирующая платформа.[4][5] Электромонтер должен надевать диэлектрические перчатки при прямом контакте с деталями под напряжением и использовать изолирующие защитные средства в качестве дополнительной меры изоляционной защиты. Некоторые виды работы также проводятся непрямым методом, когда в качестве основной изоляции используются изоляционные инструменты, а в качестве дополнительной изоляции для ношения используются изолирующие защитные приспособления. Другими словами, персонал использует для работы электротехнические инструменты и находится на достаточно безопасном расстоянии от деталей, находящихся под напряжением. Электромонтеры должны надевать изолирующие защитные приспособления (диэлектрические перчатки, диэлектрическую одежду, диэлектрические сапоги, диэлектрические каски, и т.д.) для изоляции частей своего тела от частей, находящихся под напряжением и заземленных частей. Данные два метода, если классифицируются в строгом соответствии с потенциалом организма электромонтера, относятся к методу работы среднего потенциала [6] Методы и особенности работы с инструментами, используемыми для изоляции представлены ниже.

1) Диэлектрические перчатки для работы. Работа в перчатках - это широко используемый метод работы на линиях под напряжением, при котором электромонтер изолируется от земли при помощи подъемного устройства с изолирующим звеном или других изолирующих средств (лестницы, изолирующие платформы и т.д.) и надевает диэлектрические перчатки для прямого контакта с деталью, находящейся под напряжением. Работник должен надевать полный комплект изолирующих защитных средств и быть изолированным от окружающих предметов. Работник также должен надевать износостойкие и проколостойкие защитные перчатки снаружи резиновых диэлектрических перчаток. Во время работы в диэлектрических перчатках, независимо от того, соблюдается ли между электромонтером и заземленной частью или частью под напряжением безопасное расстояние, все части под напряжением и заземленные части на рабочем участке перед началом работы должны быть экранированы для создания изоляции. В узкой и небольшой рабочей области, где компактно установлены распределительные устройства, для того, чтобы надлежащим образом изолировать электромонтера от соседних частей под напряжением и заземленных компонентов необходимо установить изолирующий барьер в соответствующем положении для ограничения области работы электромонтера. В данный момент потенциал электромонтера и деталей под напряжением неодинаков, поэтому данный метод нельзя рассматривать как равнопотенциальный метод работы.

1) Изолирующая платформа

В данном методе работы изолирующая платформа выступает в качестве основной изоляции, в то время как диэлектрические перчатки и диэлектрические ботинки выступают в качестве дополнительной изоляции. Между линиями воздушный зазор действует как основная изоляция, а диэлектрическое защитное покрытие - как дополнительная изоляция. Электромонтер должен надевать полный комплект изолирующих защитных средств (диэлектрические перчатки, диэлектрические рукава, диэлектрическую одежду, защитную каску и т.д.) для создания последней ступени защиты во избежание случайного контакта работника с проводами трехфазной цепи и поражения электрическим током.

2) Подъемное устройство с изолирующим звеном. В данном методе работы звено подъемного устройства выполняет функцию основной изоляции, а изолированная корзина, диэлектрические

перчатки и диэлектрические ботинки выполняют функцию дополнительной изоляции. Между линиями воздушный зазор действует как основная изоляция, а изолирующее защитное покрытие - как дополнительная изоляция. Работник должен надевать полный комплект средств защиты во избежание случайного контакта с проводами двухфазной цепи и поражения электрическим током.

2) Проведение работ при помощи изолирующей штанги

Под проведением работ при помощи изолирующей штанги понимается деятельность, при которой рабочий находится на достаточном безопасном расстоянии от частей под напряжением и соприкасается с ними при помощи изоляционных инструментов. Электромонтер должен надевать диэлектрические перчатки и диэлектрические ботинки. В узкой и небольшой рабочей области или линии, в которой проложено больше цепей проводов, электромонтер, вероятно, будет находиться вблизи к электроэнергетическим устройствам в различных позициях, таким образом работник должен надевать полный комплект изолирующих защитных средств, а деталь находящаяся под напряжением должна быть экранирована для создания изоляции. Метод работы с изолированными штангами может применяться не только при работе на опорах, но и в изолированной корзине подъемного устройства с изолирующим звеном или другой изолирующей платформой. На данный момент потенциал электромонтера и земли (мачты) неодинаков, поэтому данный метод нельзя рассматривать как метод работы с заземлением.

1) Работа на опорах

Электромонтер поднимается на опору до необходимой позиции с помощью инструментов для работ на опорах (подъемная плита, когти и т.д.) и закрепляет ремень безопасности. Электромонтер должен находиться на безопасном расстоянии от деталей под напряжением соблюдая надлежащие меры предосторожности. Электромонтер должен использовать для работы изолирующую штангу, оснащенную различными инструментами.

i) Электротехнические инструменты, диэлектрические перчатки и диэлектрические ботинки, образующие надежную изоляционную защиту между частями, находящимися под напряжением и землей. Изоляционные инструменты выступают в качестве основной изоляции, в то время как диэлектрические ботинки и диэлектрические перчатки служат в качестве дополнительной изоляции для обеспечения безопасности.

ii) Между линиями воздушный зазор действует как основная изоляция, а изолирующее защитное покрытие - как дополнительная изоляция, вместе образуя поперечную защиту от короткого замыкания между фазами из-за большой рабочей области. Лицо, уполномоченное за наблюдением проведения работ несет основную ответственность за соблюдение безопасного расстояния между электромонтером и деталями под напряжением, а также минимального безопасного изоляционного расстояния между изолированными инструментами. Данный метод работы не ограничивается транспортными и топографическими условиями и может быть использован для работы на мачтах, к которым невозможно подойти с помощью подъемного устройства с изолирующим звеном. Однако зона деятельности при проведении работ на высоте не такая свободная и комфортная, как при работе с подъемным устройством с изолирующим звеном.

2) Изолирующая платформа

Изолирующая платформа обычно состоит из простой платформы, изолирующей стремянки типа «ёлочка» и двухсторонней стремянки. Изолирующая платформа и изолирующая штанга вместе образуют составную изоляцию и выступают в качестве основной изоляции, в то время как диэлектрические перчатки и диэлектрические ботинки используются как дополнительная изоляция. Между линиями воздушный зазор действует как основная изоляция, а диэлектрическое защитное покрытие - как межфазная резервная защита. Так как электромонтер находится относительно близко к частям, находящимся под напряжением, он должен надевать полный комплект изолирующих защитных средств, для формирования последней ступени защиты во избежание случайного контакта работника с проводами двухфазной цепи и поражения электрическим током.

3) Подъемное устройство с изолирующим звеном Изолированная корзина и стрела образуют комбинированную изоляцию, а изолирующая стрела выполняет функцию основной изоляции. Воздушный зазор между линиями действует как основная изоляция, а изолирующее защитное покрытие как межфазная резервная защита. Поскольку электромонтер находится относительно близко к каждой из частей находящихся под напряжением, он должен надевать диэлектрические

перчатки и другие изолирующие защитные приспособления, для создания последней ступени защиты во избежание случайного контакта с проводами двухфазной цепи и поражения электрическим током.

4)

7.2 Производство несложных и постоянных работ

Несложные и постоянные работы на линии под напряжением включают ремонт проводов, подключение (снятие) обходных перемычек без нагрузки, замену изоляторов (натяжных или подвесных опор), замену траверсы и замену (установку) молниеотводов. В районах, где наблюдается быстрый рост потребления электроэнергии, подключение обходных перемычек без нагрузки (обычно называемое "подключение к сети") является наиболее частой и важной работой. Данная операция удовлетворяет потребность в новых сервисных соединениях или расширении мощностей без перерывов в работе. Кроме того, часто возникает потребность в ремонте поврежденных посторонними факторами проводов.

7.2.1 Ремонт проводов

Метод работы в диэлектрических перчатках используется для ремонта проводов. В следующем разделе описано, как использовать подъемное устройство с изолирующим звеном для ремонта проводов.

1) Состав бригады техников и распределение труда

- 1) Один руководитель работ, ответственный за подготовку всего рабочего плана, требований безопасности, организацию работы персонала и контроль безопасности во время работы.
- 2) Двое электромонтеров в изолированной корзине.
- 3) От одного до двух наземных работников, ответственных за передачу инструментов и материалов, а также за руководство рабочей площадкой.

2) Рабочие инструменты и материалы.

Состав инструментов и материалов, необходимых для ремонта проводов под напряжением, приведены в таблице 7.1.

3) Этапы проведения работ

- 1) Проверьте инструменты и материалы и установите защитные ограждения и знаки.
- 2) Припаркуйте подъемное устройство с изолирующим звеном в предварительно определенное место и предварительно проверьте на работоспособность.
- 3) Закройте компоненты, находящиеся под напряжением и заземленные части для создания изоляции.

4) Ремонт проводов

- i) Электромонтеры в изолирующей корзине совместными усилиями выпрямляют разорванный сердечник провода и удаляют поверхностные окисленные слои. Во время работы электромонтеры должны находиться на расстоянии не менее 0,6 м от соседних деталей находящихся под напряжением и не менее 0,4 м от заземленных деталей. Они должны минимизировать колебание проводов, чтобы предотвратить запутывание или короткое замыкание между фазами.

Таблица 7.1 Состав инструментов и материалов, необходимых для ремонта проводов под напряжением.

Название	Количество	Название	Количество
Подъемное устройство с изолирующим звеном	1	Изолирующая накладка	2
Изолирующее покрытие	6	Диэлектрическая защитная каска	2
Изолированный канат	1	Диэлектрические перчатки	Две пары
Защитное покрытие провода (перемычка)	4	Защитные рукавицы	Две пары
Зажим для изолирующего покрытия	12	Внутренняя телефонная связь (Интерфон)	2

Подготовленный армированный прут	Ремонтный материал зависит от условий на рабочей площадке	Ремонтная гильза компрессионного типа	Ремонтный материал зависит от условий на рабочей площадке
----------------------------------	---	---------------------------------------	---

i. Электромонтеры в изолированной корзине совместными усилиями проводят ремонт разорванных сердечников проводов с помощью ремонтных материалов. Сведения о ремонте проводов см. на рис. 7.1.

5) Электромонтеры в изолированной корзине проверяют, результат является приемлемым и должны убедиться, что нет пропущенных участков. Затем они снимают изолирующие покрытия и возвращаются на землю.

4) Меры предосторожности

1) Важно осторожно проводить ремонтировать проводов, а электромонтеры, работающие в корзине, должны сообщать предотвращать перекося проводов, чтобы избежать запутывания или короткого замыкания между фазами.

2) Перед началом работы необходимо проверить точки подключения оборудования, подключенного к объекту ремонта (или рядом с ними), и убедиться в том, что они неподвижны и надежно закреплены.

3) Как можно больше цепей проводов, проложенных на одной и той же опоре, должны быть изолированы с помощью изолирующего покрытия и изоляционных мер, а также необходимо соблюдать достаточно безопасное расстояние между соседними линиями.



Рис. 7.1 Ремонт проводов.

7.2.2 Работы под напряжением: подключение (снятие) обходных перемычек без нагрузки

7.2.2.1 Подключение обходных перемычек под напряжением

Подключение обходных перемычек под напряжением, также известных как «Подключение к сети под напряжением» является наиболее частой и значимой работой при проведении работ на распределительных сетях среднего напряжения и часто используется для новых сервисных подключений. Обычно работы выполняются в диэлектрических перчатках, а изолирующая ручная штанга обычно используется там, куда невозможно добраться при помощи подъемного устройства с изолирующим звеном.

1) Диэлектрические перчатки для работы с подъемным устройством с изолирующим звеном

1) Состав бригады техников и распределение труда.

- i) Один руководитель работ, ответственный за подготовку всего рабочего плана, требований безопасности, организацию работы персонала и контроль безопасности во время работы.
 - ii) Двое электромонтеров в изолированной корзине.
 - iii) От одного до двух наземных работников, ответственных за передачу инструментов и материалы, а также за руководство рабочей площадкой.
- 2) В таблице 7.2 приведены Состав инструментов и материалов, необходимых инструменты для подключения обходных перемычек с помощью подъемных устройств с изолирующим звеном.
- 3) Этапы работы.
- i) Проверьте инструменты и материалы и установите защитные ограждения и знаки.
 - ii) Припаркуйте подъемное устройство с изолирующим звеном в предварительно определенное место и предварительно проверьте на работоспособность.
 - iii) Закройте и изолируйте части под напряжением и заземленные части для создания изоляции.
 - iv) Подключите обходные перемычки без нагрузки, как показано на рисунке 7.2.
- а) Электромонтеры в изолированной корзине измеряют длину трехфазных обходных перемычек и просят наземных работников подготовить необходимые обходные перемычки.
- б) Наземные работники передают трехфазные обходные перемычки в изолированную корзину.

Таблица 7.2 Состав инструментов и материалов, необходимых для подключения под напряжением обходных перемычек без нагрузки с помощью подъемного устройства с изолирующим звеном.

Название	Количество	Название	Количество
Подъемное устройство с изолирующим звеном	1	Клиновой зажим	1
Изолирующее покрытие	6	Скоба для крепления изолированного провода	1
Изолированный канат	1	Детектор утечки тока на изолирующей штанге	1
Защитное покрытие провода (перемычка)	3	Изолированная выдвижная штанга	1
Крюк для крепления изолированного провода	1	Диэлектрическая защитная каска	2
Диэлектрические перчатки	Две пары	Проволочный отсекаТЕЛЬ	1
Защитные рукавицы	Две пары	Внутренняя телефонная связь (Интерфон)	2
Изолирующая накладка	2	Клиновой зажим	3
Провод	При необходимости		



Рис. 7.2 Подключение обходных перемычек без нагрузки под напряжением при помощи подъемного устройства с изолирующим звеном.

- с) Электромонтеры в изолированной корзине устанавливают обходные перемычки в обесточенный входной кабель или ответвление линии без нагрузки и тщательно подготавливаются к подключению обходных перемычек под напряжением.
- д) Электромонтеры в изолированной корзине совместными усилиями перемещают обходные перемычки, которые должны быть подключены к точке подключения для установки. Перед подключением обходные перемычки должны быть закреплены крюком для крепления изолированного провода, чтобы предотвратить колебания.
- е) Трехфазные обходные перемычки устанавливаются поэтапно удобным для выполнения работ способом. Для подключения обходных перемычек следуйте принципам «от дальнего до ближнего» и «от высокого до низкого». Перед подключением убедитесь, что последовательность фаз правильна.
- в) После работы убедитесь, что на проводах и опоре не осталось никаких предметов. Снимите изолирующие покрытия и вернитесь на землю.

4) Меры предосторожности.

- i) Обходные перемычки должны быть закреплены крюком для крепления изолированного провода, чтобы предотвратить колебание. При перемещении обходных перемычек необходимо обеспечить достаточное безопасное расстояние от деталей, находящихся под напряжением, и заземленных частей. Если этого не удастся сделать, то части, находящиеся под напряжением, и заземленные части должны быть надежно экранированы изолирующими покрытиями.
- ii) Запрещается одновременно контактировать с проводами двухфазной цепи или двумя отключенными концами не подключенных проводов, чтобы предотвратить последовательное подключение человеческого тела к электрической цепи.
- iii) При подключенных проводах однофазной цепи, провода при не подключенных фазах будут запитаны индукцией. Во избежание поражения электрическим током перед контактом с проводами необходимо принять меры предосторожности.
- iv) Подключение обходных перемычек под напряжением не может быть выполнено на вновь созданной линии, если только линия не пройдет приемный контроль и не будет подтверждена как не имеющая нагрузки, с хорошей изоляцией и без дефектов заземления.

2) Проведение работ на изолированной платформе в диэлектрических перчатках

- 1) Состав бригады техников и распределение труда.
 - i) Один руководитель работ, ответственный за подготовку всего рабочего плана, требований безопасности, организацию работы персонала и контроль безопасности во время работы.
 - ii) Двое электромонтеров, устанавливающих изолирующую платформу, и один электромонтер, работающий на платформе.
 - iii) От одного до двух наземных работников, ответственных за передачу инструментов и материалы, а также за руководство рабочей площадкой.

- 2) В таблице 7.3 приведены Состав инструментов и материалов, необходимых для подключения обходных перемычек без нагрузки под напряжением при помощи изолирующей платформы (изолирующей лестницы).
- 3) Последовательность действий.
- i) Проверьте инструменты и материалы и установите защитные ограждения и знаки. Перед подъемом на опору проверьте инструменты для работ на опорах.
 - ii) Поднимитесь на опору и установите изолирующую платформу.

Таблица 7.3 Состав инструментов и материалов, необходимых для подключения обходных перемычек без нагрузки на линии под напряжением при помощи изолирующей платформы (изолированной лестницы).

Название	Количество	Название	Количество
Изолирующая платформа или изоляционная лестница	1	Клиновой зажим	1
Изолирующее покрытие	6	Скоба для крепления изолированного провода	1
Изолированный канат	1	Детектор утечки тока на изолирующей штанге	1
Защитное покрытие провода (перемычка)	3	Изолированная выдвижная штанга	1
Крюк для крепления изолированного провода	1	Диэлектрическая защитная каска	2
Диэлектрические перчатки	Две пары	Проволочный отсекаТЕЛЬ	1
Защитные рукавицы	Две пары	Внутренняя телефонная связь (Интерфон)	2
Изолирующая накладка	2	Изоляционные приспособления	2
Провод	При необходимости	Клиновой зажим	3

- а) Двое электромонтеров, работающие на опорах надевают изолирующие защитные средства и используют изолированный канат, для подъема в заданное положение. Они пристегивают ремни безопасности и вешают перекидной канат.
- б) Двое электромонтеров, работающие на опоре используют ручные штанги для экранирования двух периферийных фаз. Электромонтеры, инструменты и материалы должны находиться на расстоянии не менее 0,4 м от находящихся под напряжением деталей. Если это требование не может быть соблюдено, то в качестве надежной изоляционной защиты следует использовать изолирующие средства.
- в) Наземные работники перемещают изолирующую платформу на опору, а электромонтеры на опоре совместно устанавливают платформу в нужное положение. Установка изолирующей платформы должна быть правильной и надежной, а изолирующая

платформа должна быть установлена в таком месте, откуда легко подключиться к источнику питания и снимать платформу после окончания работ. После установки испытайте платформу на способность выдержать нагрузку.

iii) Закройте части под напряжением и заземленные части для создания изоляции. При перемещении изолирующей платформы или лестницы работники, инструменты и материалы должны находиться на расстоянии не менее 0,4 м от находящихся под напряжением деталей. Если данное требование не может быть соблюдено, необходимо использовать изолирующие средства

iv) Измерьте длину трехфазных обходных перемычек.

a) Электромонтеры измеряют длину трехфазных обходных перемычек и просят наземных работников подготовить необходимые обходные перемычки.

b) Наземные работники поэтапно передают трехфазные обходные перемычки на рабочую платформу. Изолированный канат должен использоваться для перемещения инструментов и материалов вверх и вниз, а инструменты и материалы должны быть прочно закреплены. Электромонтеры, работающие на опорах, должны использовать сумку для инструментов, чтобы предотвратить травмирование людей падающими предметами.

c) Электромонтеры, работающие на опорах, устанавливают обходные перемычки на обесточенный входной кабель или ответвление линии без нагрузки.

v) Подключите обходные перемычки без нагрузки, используя изолирующую платформу, как показано на рис. 7.3.

a) Электромонтер, работающий на платформе, использует зачиститель проводов для быстрой очистки изолированных проводов трехфазной цепи (этот шаг можно пропустить, если провода не изолированы)



Рис. 7.3 Подключение обходных перемычек с помощью изолирующей платформы.

После снятия изоляции быстро восстановите защитные изолирующие покрытия. Электромонтер, работающий на платформе, должен находиться на расстоянии не менее 0,6 м от деталей, находящихся под напряжением, и не менее 0,4 м от заземленных деталей.

b) Электромонтер, работающий на платформе, успешно выполняет подсоединение проводов трехфазной цепи к линии под напряжением. Перед подключением обходные перемычки должны быть закреплены изоляционным зажимом или крюком для крепления изолированного провода, чтобы предотвратить колебание. Для подключения обходных перемычек следуйте принципам «от дальнего до ближнего» и «от высшего до нижнего». Обходные перемычки снимаются в обратном порядке.

vi) Снимите изолирующие покрытия и вернитесь на землю. После подключения обходных перемычек убедитесь, что на проводах и опоре не осталось никаких предметов.

Затем снимите изолирующие покрытия и изолирующую платформу и вернитесь на землю.

4) Меры предосторожности.

- i) Перед подъемом на опору электромонтеры должны проверить прочность и надежность основания опоры, фундамента и проволочной стяжки, а также убедиться в том, что инструменты для работ на опорах надежны и находятся в полном комплекте. Электромонтеры должны использовать двойные изоляционные ремни безопасности, а ремни безопасности и страховочные канаты должны быть надежно закреплены на соответствующих деталях. Запрещается вешать их непосредственно под рабочим участком.
- ii) Установка изолирующей платформы должна быть правильной и надежной, а изолирующая платформа должна быть установлена в таком месте, откуда легко подключиться к источнику питания и снимать платформу после окончания работ. После установки платформу нужно подвергнуть нагрузке и удостовериться, что платформа выдержит вес электромонтеров. Платформа, как правило, может выдержать двух человек. Проведение работ при перегрузке строго запрещена.
- iii) Электромонтер, работающий на платформе, не должен выходить за пределы ограничителя для обеспечения безопасного изоляционного расстояния платформы во время работы и всегда обязан соблюдать безопасное изоляционное расстояние.
- iv) Перед подключением обходные перемычки должны быть закреплены изолированным зажимом или крюком для крепления изолированного провода. Это необходимо для того, чтобы обходные перемычки не раскачивались и не касались соседних частей под напряжением и заземленных частей. При перемещении обходных перемычек необходимо обеспечить достаточно безопасное расстояние от соседних линий под напряжением и заземленных частей. Если данное требование не может быть соблюдено, то находящиеся рядом линии под напряжением и заземленные части должны быть надежно изолированы.
- v) Запрещается одновременно контактировать с двумя отключенными концами не подключенных или отключенных проводов, чтобы предотвратить последовательное подключение человеческого тела к электрической цепи.
- vi) Подключение обходных перемычек под напряжением не может быть выполнено до тех пор, пока не будет подтверждено отсутствие нагрузки, заземления, наличие надежной изоляции, отсутствие электромонтеров, работающих на линии и правильное расположение фазы.

3) Проведение работ при помощи изолирующей штанги

Проведение работ при помощи изолирующей штанги включает в себя работу со средним потенциалом и заземлением: (1) При использовании метода работы со средним потенциалом для подключения обходных перемычек без нагрузки под напряжением электромонтер может стоять на изолирующей платформе или изолированной лестнице или в изолированной корзине подъемного устройства с изолирующим звеном; (2) При использовании метода работы с заземлением электромонтер занимает нужную позицию и приступает к работе, используя изолирующую штангу. В следующем разделе описывается, как использовать метод работы с потенциалом земли для подключения обходных перемычек без нагрузки под напряжением.

1) Состав бригады техников и распределение труда.

- i) Один руководитель работ, ответственный за подготовку всего рабочего плана, требований безопасности, организацию работы персонала и контроль безопасности во время работы.
- ii) Двое электромонтеров, работающих на опорах.
- iii) От одного до двух наземных работников, ответственных за передачу инструментов и материалов, а также за руководство рабочей площадкой

2) В Таблице 7.4 приведены Состав инструментов и материалов, необходимых для подключения обходных перемычек без нагрузки под напряжением при помощи изолирующей штанги.

3)

Таблица 7.4 Состав инструментов и материалов, необходимых для подключения обходных перемычек без нагрузки под напряжением при помощи изолирующей штанги

Название	Количество	Название	Количество
Изолированный зажим	2	Зажим для изолирующего покрытия	12
Крюк для крепления изолированного провода	2	Изолированный канат	2
Скоба для крепления изолированного провода	1	Устройство для обмотки	1
Диэлектрический барьер	2	Инструмент для верховых работ	2
Защитное покрытие провода (перемычки)	6	Диэлектрические перчатки	Две пары
Изолирующее покрытие	6	Защитные рукавицы	Две пары
Изолирующая накладка	2	Детектор утечки тока на изолирующей штанге	1
Диэлектрическая защитная каска	2	Зажим	3
Изолированная выдвижная штанга	1	Провод	При необходимости

4) Этапы работы.

- i) Проверьте инструменты и материалы и установите защитные ограждения и знаки. Перед подъемом на опору проверьте инструменты для работ на опорах.
- ii) Поднимитесь на нужную позицию.
 - a) Двое электромонтеров должны одеть изолирующие защитные средства и используют изолированный канат, для подъема в заданное положение. Они закрепляют ремни безопасности и вешают перекидной канат.
 - b) Наземные работники передают электротехнические инструменты на опору. Изолированные канаты должны использоваться для перемещения инструментов и материалов вверх и вниз. Инструменты и материалы должны быть прочно закреплены. Электромонтеры, работающие на опоре, должны использовать сумку для инструментов, чтобы предотвратить травмирование людей падающими предметами.
- iii) Измерьте длину трехфазных обходных перемычек.
 - a) Электромонтеры, работающие на опоре измеряют длину трехфазных обходных перемычек и просят наземных работников подготовить необходимые обходные перемычки. Во время измерения, необходимо соблюдать безопасное изоляционное расстояние между изолированными инструментами, которое составляет не менее 0,7 м.
 - b) Наземные работники передают трехфазные обходные перемычки на опору.
 - c) Электромонтеры, работающие на опоре устанавливают обходные перемычки на обесточенный входной кабель или ответвление линии без нагрузки.
- iv) Закройте части под напряжением и заземленные части для создания изоляции.
- v) Подключите обходные перемычки, как показано на рис. 7.4.
 - a) Двое электромонтеров на опоре совместно используют изолированные зажимы для фиксации мест соединений обходных перемычек и проводов. Перед подключением обходные перемычки должны быть надежно закреплены, чтобы предотвратить колебание.
 - b) Двое электромонтеров на опоре совместно используют устройства для обмотки для надежного соединения обходных перемычек с основной линией. При использовании устройства для обмотки для обходных перемычек следует прилагать равномерное и осторожное усилие, при этом следует избегать перекрытия или больших зазоров между обмоточными проводами. Длина обмотки должна быть не менее 100 мм.



Рис. 7.4 Подключение обходных перемычек без нагрузки с помощью изолирующей ручной штанги

- с) Подключите трехфазные обходные перемычки поэтапно удобным для выполнения способом. Для подключения обходных перемычек следуйте принципам «от дальнего до ближнего» и «от высшего до нижнего».
 - vi) Снимите изолирующие покрытия и вернитесь на землю. После работы убедитесь, что на проводах и опоре не осталось никаких предметов. Затем снимите изолирующие покрытия и вернитесь на землю.
- 5) Меры предосторожности.
 - i) Перед подъемом на опору электромонтеры должны проверить прочность и надежность основания опоры, фундамента и проволочной стяжки, а также убедиться в том, что инструменты для работ на опорах надежны и находятся в полном комплекте. Электромонтеры должны использовать двойные изоляционные ремни безопасности, а ремни безопасности и страховочные канаты должны быть надежно закреплены на соответствующих деталях. Запрещается вешать их непосредственно под рабочим участком.
 - ii) Перед подключением обходные перемычки должны быть закреплены изолирующей ручной штангой, чтобы предотвратить их раскачивание. При перемещении обходных перемычек необходимо соблюдать следующие условия:
 - соблюдать достаточное безопасное расстояние от соседних находящихся под напряжением линий и заземленных частей. Если этого не удастся сделать, то части, находящиеся под напряжением, и заземленные детали должны быть экранированы надежными изолирующими покрытиями.
 - iii) Запрещается одновременно контактировать с проводами двухфазной цепи или двумя отключенными концами не подключенных проводов, чтобы предотвратить последовательное подключение человеческого тела к электрической цепи.
 - iv) При подключении проводов однофазной цепи, провода при не подключенных фазах будут запитаны индукцией. Во избежание поражения электрическим током перед контактом с проводами необходимо принять меры предосторожности.
 - v) Подключение обходных перемычек под напряжением невозможно выполнить, пока не будет подтверждено отсутствие нагрузки, заземления, наличие надежной изоляции, отсутствие электромонтеров, работающих на линии и правильное расположение линии.
 - vi) Необходимо соблюдать безопасное изоляционное расстояние между изолированными инструментами не менее 0,7 м.

7.2.2.2 Снятие обходных перемычек без нагрузки под напряжением

- 1) Диэлектрические перчатки для работы на подъемном устройстве с изолирующим звеном
 - 1) Состав бригады техников и распределение труда.

- i) Один руководитель работ, ответственный за подготовку всего рабочего плана, требований безопасности, организацию персонала и контроль безопасности во время работы.
- ii) Двое электромонтеров в изолированной корзине.
- iii) От одного до двух наземных работников, ответственных за передачу инструментов и материалов, а также за руководство рабочей площадкой.

2) В таблице 7.5 приведены Состав инструментов и материалов, необходимых для снятия обходных перемычек без нагрузки под напряжением при помощи подъемного устройства с изолирующим звеном.

3) Этапы работы.

- i) Проверьте инструменты и материалы и установите защитные ограждения и знаки.
- ii) Припаркуйте подъемное устройство с изолирующим звеном в предварительно определенное место и предварительно проверьте на работоспособность.

Таблица 7.5 Состав инструментов и материалов, необходимых для снятия обходных перемычек без нагрузки под напряжением при помощи подъемного устройства с изолирующим звеном

Название	Количество	Название	Количество
Подъемное устройство с изолирующим звеном	1	Защитные рукавицы	Две пары
Диэлектрический коврик	6	Изолирующая накладка	2
Изолированный канат	1	Проволочный отсекатель	1
Защитное покрытие провода (перемычка)	3	Детектор утечки тока на изолирующей штанге	1
Крюк для крепления изолированного провода	1	Диэлектрическая защитная каска	2
Диэлектрические перчатки	Две пары	Внутренняя телефонная связь (Интерфон)	2

iii) Закройте детали под напряжением и заземленные части для создания изоляции.

iv) Снимите обходные перемычки без нагрузки.

a) Рабочие в изолированной корзине используют крюк для крепления изолированного провода, чтобы зажать обходные перемычки со стороны высокого напряжения, а затем отсоединить обходные перемычки. Перед снятием обходные перемычки должны быть зафиксированы с помощью изолированного зажима или крюка для крепления изолированного провода, чтобы предотвратить колебание.

b) Опустите отсоединенные обходные перемычки на землю.

c) Отсоедините трехфазные обходные перемычки поэтапно в порядке расположения удобным для выполнения способом. Для снятия обходных перемычек следуйте принципам, близким к дальнему и низкому к высокому.

v) Снимите изолирующие покрытия и вернитесь на землю. После окончания работы убедитесь, что на проводах и опоре не осталось никаких предметов. Затем снимите изолирующие покрытия и вернитесь на землю.

4) Меры предосторожности.

i) Перед снятием обходные перемычки должны быть закреплены изолированным зажимом или крюком для крепления изолированного провода, чтобы предотвратить колебание. При перемещении обходных перемычек необходимо соблюдать оптимальное безопасное расстояние от соседней линии под напряжением и заземленных частей.

Если данное требование не может быть соблюдено, то части, находящиеся под напряжением,

и заземленные детали должны быть защищены надежными изолирующими покрытиями. Обесточенные обходные перемычки должны быть надежно закреплены и находиться на достаточном безопасном расстоянии от участков под напряжением.

ii) Запрещается одновременно контактировать с проводами двухфазной цепи или двумя отключенными концами неподключенных проводов, чтобы предотвратить последовательное подключение человеческого тела к электрической цепи.

iii) Провода при не подключенных фазах будут запитаны индукцией. Во избежание поражения электрическим током перед контактом с проводниками необходимо принять меры предосторожности.

iv) Снятие обходных перемычек под напряжением не может быть выполнено, пока не будет подтверждено отсутствие нагрузки, заземления, наличие хорошей изоляции, отсутствие электромонтеров, работающих на линии, и правильное положение линии.

2) Проведение работ при помощи изолирующей штанги

1) Состав бригады техников и распределение труда.

i) Один руководитель работ, ответственный за подготовку всего рабочего плана, требований безопасности, организацию персонала и контроль безопасности во время работы.

ii) Двое электромонтеров на опорах.

iii) От одного до двух наземных работников, ответственных за передачу инструментов и материалов, а также за руководство рабочей площадкой.

2) В таблице 7.6 приведены Состав инструментов и материалов, необходимых для снятия обходных перемычек без нагрузки под напряжением при работе на изолированном опоре.

3) Этапы работы.

i) Проверьте инструменты и материалы и установите защитные ограждения и знаки.

Перед подъемом на опору проверьте инструменты для работ на опорах.

ii) Поднимитесь на нужную позицию.

a) Двое электромонтеров надевают изолирующие защитные средства и используют изолированный канат, для подъема в заданное положение. Они закрепляют ремни безопасности и вешают перекидной канат.

b) Наземные работники передают электротехнические инструменты на опору. Изолированные канаты должны использоваться для перемещения инструментов и материалов вверх и вниз. Инструменты и материалы должны быть прочно закреплены. Электромонтеры, работающие на опоре, должны использовать сумку для инструментов, чтобы предотвратить травмирование людей падающими предметами.

iii) Закройте части, находящиеся под напряжением и заземленные части для изоляции.

iv) Снимите обходные перемычки без нагрузки.

a) Один электромонтер на опоре использует изолированные плоскогубцы для фиксации снимаемых обходных перемычек, чтобы предотвратить колебание.

b) Другой рабочий параллельно использует изолированные ножницы для отсечения обходных перемычек и отключения их от основной линии. Точка среза в обходных перемычках должна быть близка к основной линии для сокращения длины обходных перемычек. При вытягивании обходных перемычек необходимо контролировать расстояние между обходными перемычками и соседними проводами.

Таблица 7.6 Состав инструментов и материалов, необходимых для снятия обходных перемычек при работе с изолирующими штангами.

Название	Кол-во	Название	Кол-во
Клещи для резки труб	2	Изолированные плоскогубцы	2
Крюк для крепления изолированного провода	2	Изолированные ножницы	1
Скоба для крепления изолированного провода	1	Диэлектрические перчатки	Две пары
Изоляционная плита	2	Защитные рукавицы	Две пары

Защитное покрытие провода (перемычка)	6	Изолирующая накладка	2
Диэлектрический коврик	6	Диэлектрическая защитная каска	2
Зажим для изолирующего покрытия	12	Ручка	1
Изолированный канат	2	Детектор утечки тока на изолирующей штанге	1

б) Отсоедините трехфазные обходные перемычки поэтапно в порядке расположения удобным для выполнения способом. Для снятия обходных перемычек следуйте принципу, от «ближнего до дальнего» и «нижнего до высшего».

в) Снимите изолирующие покрытия и вернитесь на землю. После окончания работы убедитесь, что на проводах и опоре не осталось никаких предметов. Затем снимите изолирующие покрытия и вернитесь на землю.

4) Меры предосторожности.

i) Перед подъемом на опору электромонтеры должны проверить прочность и надежность основания опоры, фундамента и проволоочной стяжки, а также убедиться в том, что инструменты для работ на опорах надежны и находятся в полном комплекте. Электромонтеры должны использовать двойные изоляционные ремни безопасности.

ii) После снятия обходных перемычек необходимо принять меры по их экранированию и фиксации, чтобы предотвратить их колебание.

iii) Изолированные канаты должны использоваться для перемещения инструментов и материалов вверх и вниз. Запрещается бросать инструменты и материалы.

vii) Необходимо соблюдать безопасное изоляционное расстояние между изолированными инструментами не менее 0,7 м.

7.2.3 Замена натяжных изоляторов

Замена натяжных изоляторов обычно проводится при помощи подъемного устройства с изолирующим звеном и диэлектрических перчаток.

1) Состав бригады техников и распределение обязанностей

1) Один руководитель работ, ответственный за подготовку всего рабочего плана, требований безопасности, организацию работы персонала и контроль безопасности во время работы.

2) Двое электромонтеров в изолированной корзине.

3) От одного до двух наземных работников, ответственных за передачу инструментов и материалов, крепление резервных страховочных канатов и руководство площадкой.

2) Состав инструментов и материалов, необходимых для замены натяжных изоляторов перечислены в таблице 7.7.

3) Последовательность действий

1) Проверьте инструменты и материалы и установите защитные ограждения и знаки.

2) Припаркуйте подъемное устройство с изолирующим звеном в предварительно определенное место и проведите проверку на работоспособность.

Таблица 7.7 Состав инструментов и материалов, необходимые для замены изоляторов напряжения.

Наименование	Количество	Название	Количество
Подъемное устройство с изолирующим звеном	1	Изолированный тонкий линь и натяжное устройство	2
Натяжное устройство	2	Изолированные приспособления	1
Изолированный страховочный канат	1	Изолирующая накладка	2
Изолирующее покрытие втулки провода (перемычки)	5	Диэлектрическая защитная каска	2

Изолирующее покрытие	6	Диэлектрические перчатки	Две пары
Зажим для изолирующего покрытия	12	Защитные рукавицы	Две пары
Изоляционная плита для вытягивания	1	Внутренняя телефонная связь (Интерфон)	2
Изолированный ключ	1	Мегаомметр	1
Изолированный канат	1	Изолятор	В зависимости от типа опоры

3) Закройте части под напряжением и заземленные части для создания изоляции.

Натяжная штанга показана на рис. 7.5(а). Двое электромонтеров в изолированной корзине совместно применяют изолирующие средства для экранирования и изоляции частей под напряжением и заземленных частей, в случае невозможности достичь безопасного расстояния. Изолирующие покрытия, предназначенные для замены натяжных изоляторов на одной фазе, показаны на рис. 7.5(б).

4) Произведите замену натяжных изоляторов

i) Электромонтеры в изолированной корзине закрепляют один конец изоляционной выдвижной плиты на натяжной траверсе. Изоляционная плита должна быть прочно закреплена. Электромонтеры в изолированной корзине должны находиться на расстоянии не менее 0,6 м от находящихся под напряжением частей, и не менее 0,4 м от заземленных частей.

ii) Электромонтеры в изолированной корзине устанавливают натяжные устройства на провода, как показано на рис. 7.5(с). Надежно прикрепите натяжные устройства к изоляционной выдвижной плите.

iii) Электромонтеры в изолированной корзине затягивают провода, чтобы ослабить натяжные изоляторы. При затягивании проводов необходимо контролировать провисание.

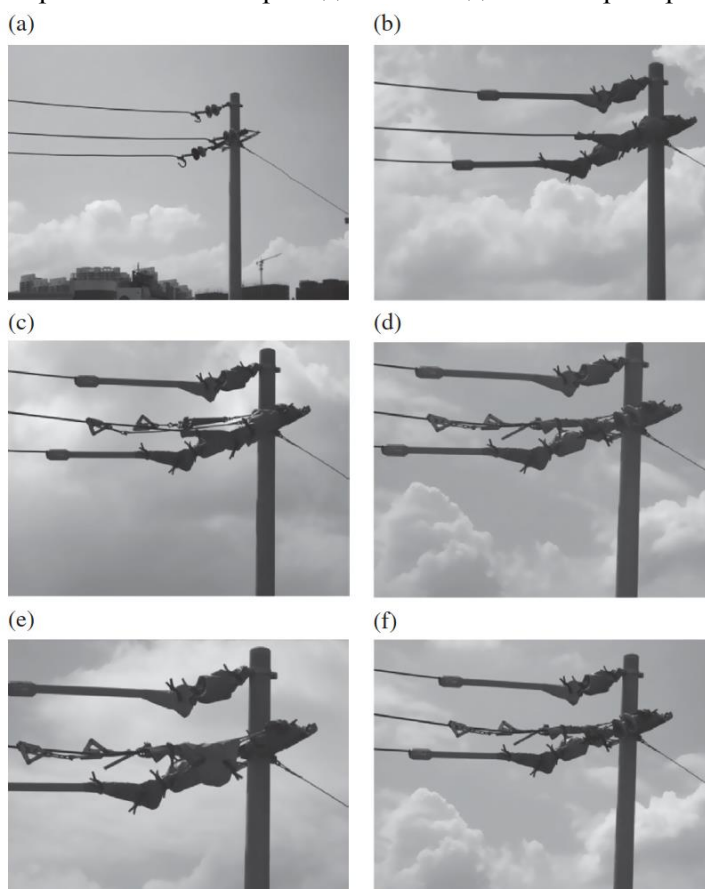


Рис. 7.5 Замена натяжных изоляторов. (а) натяжная штанга; (б) установка изолирующих покрытий; (с) установка натяжных устройств; (д) крепление натяжных зажимов (е) снятие подвесных изоляторов; ф)

iv) Электромонтеры в изолированной корзине устанавливают запасной изолированный страховочный канат, затем затягивают и закрепляют его на траверсе (или наземные работники могут закрепить канат на предварительно изготовленную грунтовую свая при помощи изолированных приспособлений. Грунтовая свая должна быть прочной и надежной).

v) Произведите замену изоляторов. Производите замену изоляторов поэтапно, и после замены изолятора на одной фазе изоляционные покрытия должны быть немедленно восстановлены. Снимите натяжные зажимы с подвесных изоляторов и прочно закрепите их на проводах, как показано на рис. 7.5(d). Затем снимите старые изоляторы, как показано на рис. 7.5(e). Наконец, установите новые изоляторы, как показано на рис. 7.5(f). Во время работы должны быть предприняты резервные меры по обеспечению безопасности для предотвращения «включения питания проводов». Изоляторы можно снимать только в том случае, если сила натяжения проводов полностью прилагается к изоляционной плите. Необходимо осторожно проводить замену изоляторов, чтобы предотвратить короткое замыкание между фазами из-за сильного колебания проводов.

vi) Уберите инструменты, используемые для замены изоляторов. Изоляционные покрытия должны поддерживаться в исправном состоянии.

5) Снимите изоляционные покрытия и вернитесь на землю. После окончания работы убедитесь, что на проводах и опоре не осталось никаких предметов. Затем снимите изоляционные покрытия и вернитесь обратно на землю.

4) Меры предосторожности

1) Для затягивания проводов следует использовать натяжное устройство, соответствующее типу провода. Изоляционная плита должна быть прочно закреплена. Во время работы должны быть предприняты резервные меры по обеспечению безопасности. Изоляторы не могут быть заменены в случае, если сила натяжения проводов не полностью прилагается к изоляционной плите, а запасной страховочный канат принимает на себя часть нагрузки. Необходимо проводить замену изоляторов осторожно, чтобы предотвратить короткое замыкание между фазами из-за колебания проводов.

2) Измерьте мегаомметром сопротивление изоляции изоляторов, подлежащих замене и убедитесь, что сопротивление изоляции является приемлемым.

3) Чтобы снять изоляторы, сначала снимите конец провода, а затем снимите подвесной конец. Изоляторы устанавливаются в обратном порядке.

4) После затяжки проводов важно убедиться, что натяжные изоляторы ослаблены и не подвергаются нагрузке. Перед снятием изоляторов с проводов, следует предпринять резервные меры по обеспечению безопасности от «включения питания проводов».

5) После принятия резервных мер безопасности старые изоляторы не могут быть удалены, пока все силы натяжения проводников не будут полностью перенесены и не приложены к изолирующей натяжной плите.

6) Перед снятием резервной защиты необходимо убедиться, что натяжные изоляторы прочно соединены с фитингами.

7.2.4 Замена траверс и изоляторов подвесных опор

Траверсы и изоляторы подвесных опор обычно заменяются с использованием диэлектрических перчаток.

1) Состав бригады техников и распределение труда

1) Один руководитель работ, ответственный за подготовку всего рабочего плана, требований безопасности, организацию работы персонала и контроль безопасности во время работы.

2) Двое электромонтеров производят работы в изолированной корзине. Один непосредственно выполняет работу, а другой ассистирует.

3) Два электромонтера с заземлением ответственны за снятие и установку траверс и изоляторов.

4) От одного до двух наземных работников, ответственных за передачу инструментов и материалов, а также за руководство рабочей площадкой.

2) Рабочие инструменты и материалы

Состав инструментов и материалов, необходимых для замены траверс и изоляторов на подвесных опорах, приведены в таблице 7.8.

1) Последовательность действий Проверьте инструменты и материалы и установите защитные ограждения и знаки.

2) Припаркуйте подъемное устройство с изолирующим звеном в предварительно определенное место и проведите проверку на работоспособность.

3) Закройте части, находящиеся под напряжением и заземленные части для создания изоляции.

Двое электромонтеров в изолированной корзине используют изолирующие защитные средства для экранирования и изоляции частей под напряжением и заземленных частей, в случае, если требование о безопасном расстоянии не может быть соблюдено, как показано на рис. 7.6(a).

Таблица 7.8 Состав инструментов и материалов, необходимых для замены поперечных рычагов и изоляторов в подвеске.

Название	Количество	Название	Количество
Подъемное устройство с изолирующим звеном	1	Диэлектрические перчатки	Две пары
Диэлектрический коврик	6	Защитные рукавицы	Две пары
Изолированный канат	1	Защитная крышка поперечного рычага	1
Защитное покрытие провода (перемычки)	4	Внутренняя телефонная связь (Интерфон)	2
Зажим для диэлектрического коврика	12	Мегомметр	1
Изолированный ключ	2	Траверса	В зависимости от типа опоры
Изолированная траверса	1	Изолятор	В зависимости от типа опоры
Изолирующая накладка	2	Изолированная траверса	1
Диэлектрическая защитная каска	2		

4) Замените траверсы и изоляторы.

i) Установите изолированную траверсу. Электромонтеры в изолированной корзине закрепляют провода трехфазной цепи на изолированной траверсе и закрепляют запирающее устройство, как показано на рис. 7.6(b). Провода следует поднимать плавно, путем применения равномерных усилий и прочно закрепить.

ii) Электромонтеры в изолированной корзине приводят в действие двигатель подъемной стрелы, для поднятия проводов в соответствующее положение, как показано на рис. 7.6(c). Изоляционные покрытия должны быть сохранены во время работы.

iii) Электромонтеры с заземлением совместно снимают траверсы и штыревые изоляторы, как показано на рис. 7.6(d). Установите новые траверсы и изоляторы и верните изоляционные покрытия на место. По окончании выполнения работ вернитесь на землю. При установке и снятии траверс безопасное расстояние от электромонтеров, инструментов и материалов до деталей под напряжением должно быть не менее 0,7 м.

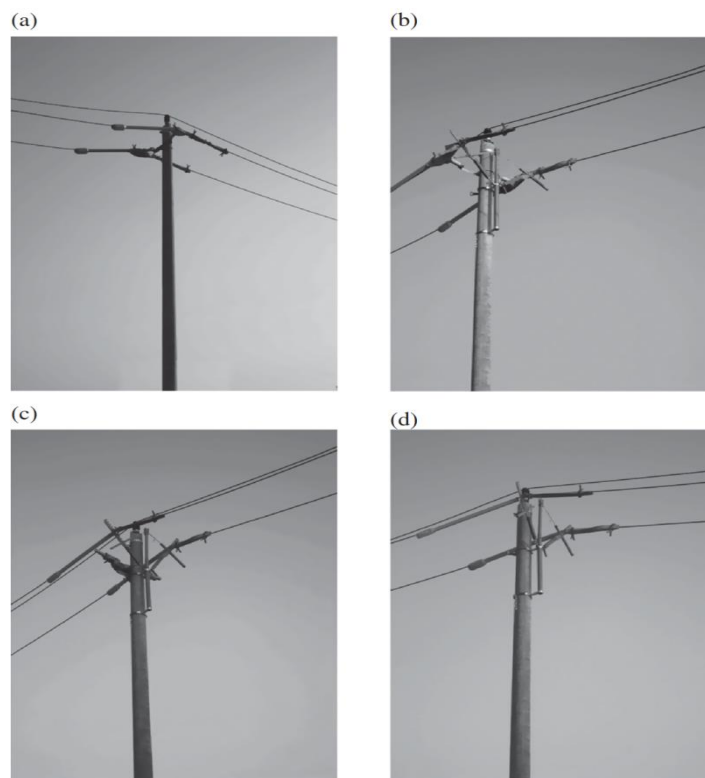


Рис. 7.6 Замена траверс и изоляторов подвесных опор.

(а) установка изоляционных покрытий; (б) установка изолированных траверс; (с) подъем проводов; (д) снятия траверс.

iv) Электромонтеры в изолированной корзине приводят в действие двигатель подъемной стрелы в нижнее положение и прочно закрепляют провода на изоляторах.

5) Снимите изоляционные покрытия и вернитесь на землю. После окончания работ убедитесь, что на проводах и опоре не осталось никаких предметов. Затем снимите изоляционные покрытия и вернитесь на землю.

6) Меры предосторожности

1) До и после снятия и установки траверс и штыревых изоляторов следует использовать изолированный канат для их прочной фиксации. Провода должны быть подняты равномерным усилием и прочно закреплены.

2) Измерьте сопротивление изоляции изоляторов, подлежащих замене мегомметром, и убедитесь, что сопротивление изоляции является приемлемым.

3) Во время и перед подъемом проводов проверьте надежность крепления проводов с обеих сторон опоры. При необходимости перед началом работы снова свяжите и закрепите провода. Важно поднимать и опускать провода медленно, контролируя провисание, предотвращая тем самым короткое замыкание между фазами из-за колебания проводов.

7.2.5 Замена разрядников

Обычно замена разрядников производится с помощью диэлектрических перчаток.

1) Состав бригады техников и распределение труда

1) Один руководитель работ, ответственный за подготовку всего рабочего плана, требования безопасности, организацию работы персонала и контроль безопасности во время работы.

2) Двое электромонтер в изолированной корзине.

3) От одного до двух наземных работников, отвечающих за передачу инструментов и материалов, а также за руководство рабочей площадкой.

2) Рабочие инструменты и материалы

Состав инструментов и материалов, необходимых для замены разрядников, приведены в таблице 7.9.

1) Последовательность действий Проверьте инструменты и материалы и установите защитные ограждения и знаки.

Таблица 7.9 Состав инструментов и материалов, необходимых для замены молниеотводов.

Название	Количество	Название	Количество
Подъемное устройство с изолирующим звеном	1	Изолирующая накладка	2
Изолирующее покрытие	6	Диэлектрическая защитная каска	2
Изолированный канат	1	Диэлектрические перчатки	Две пары
Защитное покрытие провода (перемычка)	3	Защитные рукавицы	Две пары
Зажим для изолирующего покрытия	12	Внутренняя телефонная связь (Интерфон)	2
Изолированный ключ	1	Мегомметр	1
Изолированный зажим	1	Разрядник	1

2) Припаркуйте подъемное устройство с изолирующим звеном в предварительно определенное место и проведите проверку на работоспособность.

3) Закройте части под напряжением и заземленные части изоляционным покрытием для создания изоляции.

4) Двое электромонтеров в изолированной корзине используют изолирующие средства для экранирования и изоляции деталей под напряжением и заземленных частей, в случае невозможности достичь безопасного расстояния, как показано на рис. 7.7 (а).

4) Произведите замену разрядников.

i) Двое электромонтеров в изолированной корзине совместно снимают провода высокого напряжения на верхних клеммах разрядников. Электромонтеры в изолированной корзине должны находиться на расстоянии не менее 0,6 м от находящихся под напряжением частей и не менее 0,4 м от заземленных частей.

ii) Закрепите провода высокого напряжения на верхних клеммах разрядников. Закрепленные провода высокого напряжения на верхних клеммах громоотводов должны находиться на расстоянии более 0,7 м от разрядников. Используйте изолированный зажим для фиксации проводов, чтобы предотвратить колебание, как показано на рис. 7.7(b). Если безопасное расстояние не может быть достигнуто из-за ограничений по расположению оборудования опоре, провода высокого напряжения должны быть экранированы и изолированы.

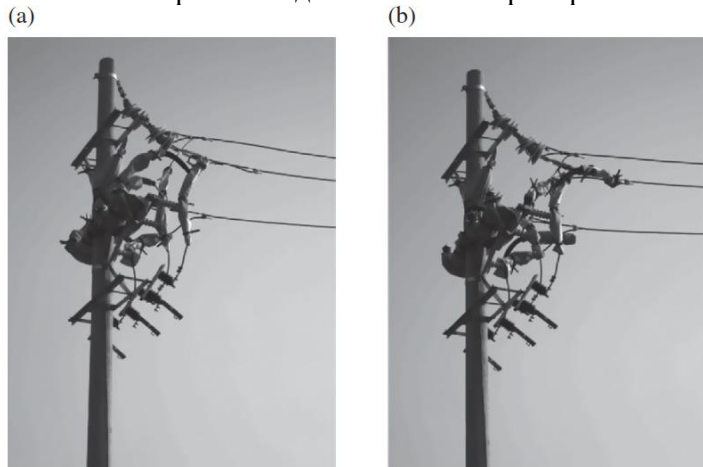


Рис. 7.7 Замена разрядников. (а) установка изолирующих покрытий; отсоединение и фиксация проводов.

- iii) Произведите замену разрядников. Снимите старые разрядники, установите и закрепите новые разрядники и заземляющие провода.
 - iv) Подключите провода высокого напряжения к верхним клеммам разрядников.
 - v) Проверьте, нужно ли отрегулировать провода высокого напряжения. Убедитесь, что разрядники установлены надежно, а провода соответствуют требованиям к безопасному расстоянию и внешнему виду.
- 5) Снимите изолирующие покрытия и вернитесь на землю. Электромонтеры в изолированной корзине должны убедиться в надежности проведенной замены и что не осталось посторонних предметов. Затем они снимают изолирующие покрытия и возвращаются на землю.
- 6) Меры предосторожности
- i) До и после подключения и снятия провода высокого напряжения разрядников должны быть закреплены изолированным зажимом для предотвращения колебания проводов и экранированы диэлектрическими ковриками. При перемещении проводов необходимо обеспечить достаточное безопасное расстояние от деталей, находящихся под напряжением и заземленных деталей. Если данное требование не будет выполнено, то детали, находящиеся под напряжением, и заземленные детали должны быть защищены надежными изолирующими покрытиями.
 - ii) Измерьте сопротивление изоляции разрядника, который должен быть заменен мегомметром, и убедитесь, что сопротивление изоляции является приемлемым.
 - iii) Плотнo закрепите снятые провода разрядников, чтобы предотвратить колебание проводов.

7.3 Производство сложных и комплексных работ

К сложным и комплексным работам под напряжением относятся сложные работы по конструированию и техническому обслуживанию линий и оборудования путем всестороннего использования различных несложных и постоянных методов работы на непрерывной основе. Проведение сложных и комплексных работ имеет высокие требования к кадровым ресурсам, инструментам и оборудованию, а также к разделению обязанностей и организации работ. Сложные и комплексные работы в основном включают установку (или снятие) опор под напряжением, проведение замены подвесных опор, замена подвесных опор на натяжные, проведение замены под нагрузкой переключателей на опорах и установка выключателей на опоры под нагрузкой.

7.3.1 Установка опор под напряжением

- I) Данный метод работы в основном подходит для новых подключений, модернизации и ремонта распределительных линий и других работ, где проводятся работы под напряжением или замена подвесных опор в между линиями под напряжением.
- II) Установка одноцепной подвесной опоры и распределительно-трансформаторной платформы
 - 1) Состав бригады техников и распределение труда
 - 1) Один руководитель работ, ответственный за подготовку всего рабочего плана, требований безопасности, организацию персонала и контроль безопасности во время работы.
 - 2) Двое электромонтеров в изолированной корзине.
 - 3) Один оператор крана, ответственный за подъём корзины.
 - 4) Четыре наземных работника ответственных за передачу инструментов и материалов, а также за руководство рабочей площадкой

Таблица 7.10 Состав инструментов и материалов, необходимых для установки одноцепной подвесной опоры и распределительно-трансформаторной платформы.

Название	Количество	Название	Количество
Подъемное устройство с изолирующим звеном	1	Диэлектрическая защитная каска	2
Автокран	1	Изолирующая накладка	2
Изолирующая опорная штанга	2	Диэлектрические перчатки	Две пары
Коврик для изолирующей штанги	1	Защитные рукавицы	Две пары
Изолированная выдвижная штанга	1	Изолированный тонкий линь	2
Изолирующее покрытие	10	Внутренняя телефонная связь (Интерфон)	4
Зажим для изолирующего покрытия	20	Мегомметр	1
Изолированный канат	2	Ж/Б опора /железная траверса и кронштейн	В зависимости от типа опоры
Защитное покрытие провода (перемычка)	12	Изолятор подвесной опоры	В зависимости от типа опоры

2) Рабочие инструменты и материалы

В Таблице 7.10 приведены Состав инструментов и материалов, необходимых для установки одноцепной подвесной опоры и распределительно-трансформаторной платформы.

1) Последовательность действийВыкопайте шурф под опору и «склон». Как показано на рис. 7.8 (а), выкопайте шурф под опору, глубина которого соответствует требованиям для установки в нужном положении. Выкопайте склон вдоль линии в соответствии с диаметром шурфа под опору (φ = диаметр опоры + примерно 20 см). Установите основание новой опоры выше «склона» и вблизи от ямы для опоры. Высота h до дна ямы составляет около 1/4 глубины погружения опоры. Градиент α меньше 45°. При подъеме Ж/Б опоры на 45°, основание стойки может плавно скользить к дну ямы. При подъеме Ж/Б опоры необходимо предохранять ее от контакта с периферийными линейными проводами из-за сильного бокового смещения.

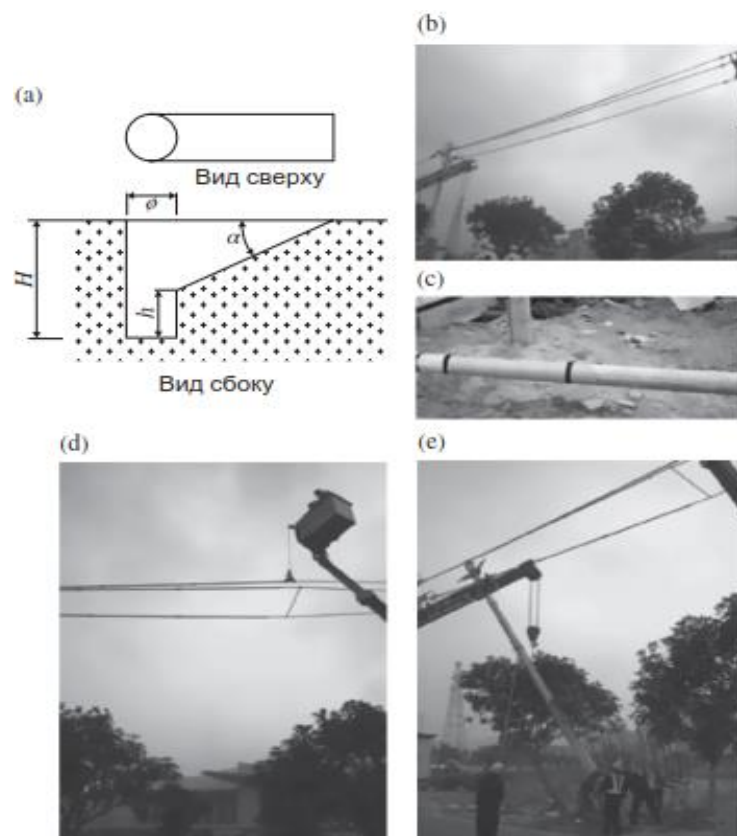


Рис. 7.8 Установка одноцепной подвесной опоры (I). а) формирование «склона»; б) экранирование проводов; с) обмотка опоры; д) поддерживаемый периферийный линейный провод и поднимаемый средний линейный провод; е) поднятая опора, входящая под провода.

При подъеме ж/б опоры под определенным углом, основание стойки может достичь дна ямы, при этом наконечник опоры не должен касаться средних линейных проводов расположенных над ней. Основание опоры и кран должны быть надежно заземлены, а глубина вертикальной заземленной части должна быть не менее 0,6 м.

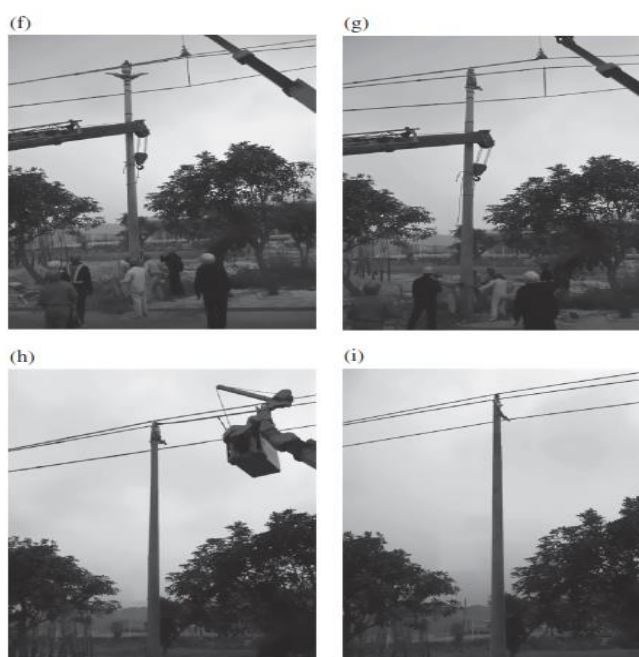


Рис. 7.8 (Продолжение) Установка одноцепной подвесной опоры (II). (f) вертикальная стойка поднятой опоры; (g) установка опоры в нужное место; (h) закрепление проводов; (i) завершение.

2) Проверьте инструменты и материалы и установите защитные ограждения и знаки.

3) Припаркуйте подъемное устройство с изолирующим звеном в заранее определенное место и проверьте на работоспособность.

4) Закройте части под напряжением и заземленные части для создания изоляции. Двое электромонтеров в изолированной корзине применяют защитное покрытие провода для экранирования и изоляции проводов трехфазной цепи с сохранением запасного расстояния не менее 0,4 м, как показано на рис. 7.8(b). Измерьте и рассчитайте длину защитного покрытия, чтобы исключить прямой контакт ж/б опоры с проводами. Электромонтеры должны осторожно накрывать и изолировать провода, применяя равномерные усилия. Кроме того, необходимо произвести изоляцию наконечника опоры, как показано на рис. 7.8(c). Расчет длины покрытия показан на рис. 7.9.

2) Установите опорные штанги и поднимите средние линейные провода.

i) Электромонтеры в изолированной корзине при помощи опорных штанг для изолированных проводов поддерживают провода на расстоянии в две периферийные линии друг от друга (или наземные работники при помощи изолированных канатов оттягивают провода в две противоположные стороны после чего крепят изолированные канаты к грунтовой свае). Во избежание падения проводов под напряжением при установке опорных штанг, примените перевязочную проволоку для связки и закрепления мест, где связаны передний и задний провода.

ii) Электромонтеры в изолированной корзине при помощи рычага для управления двигателем подъемной стрелы, поднимают средние линейные провода в соответствующее положение, как показано на рис. 7.8(d). Измерьте и рассчитайте высоту подъема, чтобы ж/б опора напрямую не контактировала с проводами. Расстояние должно быть не менее 0,4 м. При подъеме проводов прикладывайте равномерное усилие к проводам и надежно закрепите для защиты от отсоединения.

iii) После поднятия краном опоры над землей примерно на 1 м, электромонтеры совместно устанавливают траверсы, кронштейны и изоляторы на новой опоре. Они должны применять защитные средства для экранирования и изоляции ж/б опор над точкой подъема, траверсой, кронштейном и изолятором. Установленное оборудование должно быть прочно закреплено, а изолирующие защитные средства должны быть установлены крепко и в соответствии с требованиями. Закрепите контрольные подвесные канаты в верхней части опоры. Арматурные стержни основания опоры должны быть заземлены. Для заземления ж/б опоры должны использоваться круглые стальные провода 8 класса (площадь поперечного сечения равна 50,24 мм²). Один конец приваривается к угловой стальной заземленной части (длина 0,6 м), которая подводится ко дну ямы, тогда как другой конец приварен к арматурному стержню в основании ж/б опоры (для обеспечения надежного контакта, круглые стальные провода согнуты в полукруг и приварены к восьми арматурным стержням, находящимся в основании бетонной опоры). После установки ж/б опоры скройте заземленные провода и заземленные компоненты погрузив их на дно ямы и засыпав землей.

3) Установите новую опору.

i) Следуя указаниям руководителя работ кран медленно поднимает новую опору. Наземные работники при помощи подвесных канатов управляют движением опоры для уменьшения ее смещения в стороны, во избежание контакта с проводами. Наземные работники также помогают крану медленно передвигать опору к яме. Соблюдайте устойчивость корпуса опоры при входе под провода во время подъема, как показано на рис. 7.8(e).

Поддерживайте устойчивость опоры при подъеме. Необходимо обратить внимание на усилия, прилагаемые к каждой из частей опоры. Специально назначенные лица должны наблюдать за контрольными подвесными канатами и следовать указаниям руководителя. При подъеме опоры расстояние между частями под напряжением должно быть не менее 2 м. Оператор крана и работники, ответственные за направление опоры должны быть одеты в диэлектрические ботинки и диэлектрические перчатки. Кроме того, оператор не может отойти от крана во время подъема опоры для поддержания потенциала равному потенциалу крана.

За исключением управляющего и ответственного персонала, не относящийся к операции персонал должен быть на расстоянии в 1,2 раза дальше высоты опоры и не должен ходить или находиться в зоне подъема во время установки опоры.

ii) После установки опоры и последующей регулировки засыпьте ее землей и утрамбуйте, как показано на рис. 7.8(f) и (g).

4) Закрепите провода.

i) Электромонтеры в изолированной корзине совместными усилиями опускают средние линейные провода и ставят их на установленные изоляторы траверс. Крепко закрепите провода, как показано на рис. 7.8(h). Процесс опускания и размещения проводов, а также установка опорных штанг должна быть равномерной. Средние линейные провода нельзя отсоединять от точки подъема если они надежно не закреплены.

ii) Электромонтеры в изолированной корзине снимают изолирующие поддерживающие линейные периферийные провода опорные штанги. Расположите провода по бокам на изоляторах установленной траверсы и крепко закрепите их. Защитные изолирующие покрытия должны при закреплении быть сохранены.

Свяжите провода в порядке, удобном для выполнения способом.

iii) Убедившись, что новая опора прочно установлена, выведите кран из рабочей зоны.

5) Снимите изолирующие покрытия и вернитесь на землю. После работы убедитесь, что на проводах и опоре не осталось никаких предметов. Затем, как показано на рис. 7.8(i), снимите изолирующие покрытия и вернитесь на землю.

3) Меры предосторожности

1) Тщательно подготовьтесь к работе.

i) Выберите место установки подъемного устройства с изолирующим звеном и крана, при помощи которого осуществляется установка опоры. Проверьте электротехнические инструменты. Примите меры безопасности на рабочей площадке.

ii) Определите, место установки ж/б опоры и распределите обязанности между персоналом.

iii) Проверьте состояние проводов, подвергающихся деформации во время работы. При необходимости, свяжите и закрепите провода на опорах по обе стороны рабочей площадки или примите любые другие меры во избежание отделения проводов от изоляторов.

iv) Перед установкой опоры необходимо подготовить «склон», чтобы предотвратить опрокидывание опоры при подъеме и контакт наконечника опоры с проводами, находящимися под напряжением.

v) Выберите подходящую точку для подъема ж/б опоры, чтобы предотвратить его опрокидывание. После подъема опоры над землей на 1 м и установки траверс и другого оборудования необходимо провести испытания на ударную нагрузку и полную проверку всех участков, на которые прилагается нагрузка. Продолжайте поднимать опору, убедившись в отсутствии проблем.

2) Соблюдайте соответствующие требования о закрытии верхней части опоры, траверс и изоляторов защитными изолирующими средствами. Установите штанги для поддержки линейных периферийных проводов. Используйте изолирующие втулки для экранирования проводов трехфазной цепи как показано на рис. 7.8. Изолируйте провода трехфазной цепи, следуя принципу «от ближнего до дальнего». Измерьте и рассчитайте длину изоляции во избежание контакта Ж/Б опоры с проводами. На рис. 7.9 показана взаимосвязь между процессом подъема ж/б опоры и проводами трехфазной цепи. Для расчета взаимосвязи приведена формула 7.1. Допустимо отклонение в 0,4 м. Таким образом, между поднимаемой бетонной опорой и проводами, находящимися под напряжением предпринимаются две меры по обеспечению изоляцией, а именно: изоляция ж/б опоры и изоляция проводов.

$$\begin{aligned} L_1 &= \sqrt{H^2 - (H_1 + H_3)^2} \\ L_2 &= \sqrt{H^2 - (H_2 + H_3)^2} \\ L_3 &= \frac{H_1 - H_2}{H_1 + H_3} H \end{aligned} \quad (7.1)$$

Где

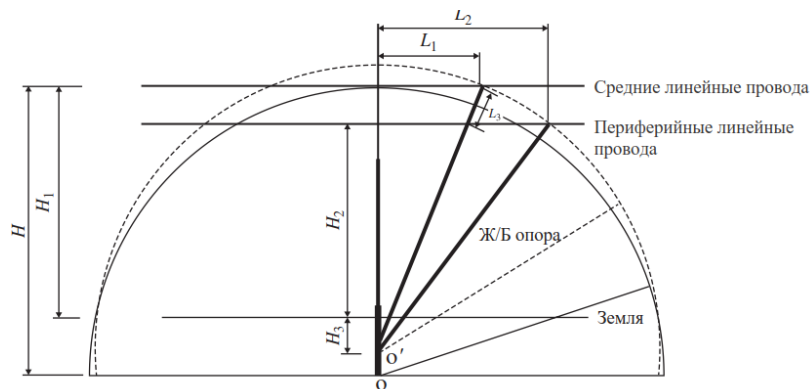


Рис. 7.9 Схема, отражающая взаимосвязь между проводами трехфазной цепи и длиной изоляции наконечника установленной опоры.

L_1 - длина ж/б опоры, входящей под линейные провода, м;

L_2 - длина ж/б опоры, входящей под периферийные линейные провода.

L_3 - максимальная длина между наконечником ж/б опоры и точкой входа провода, м;

H - длина ж/б опоры, м;

H_1 - расстояние между центральными линейными проводами и землей, м; H_2 - расстояние между периферийными линейными проводами и землей, м;

H_3 - глубина «склона», м.

2) При подъеме опоры необходимо предотвращать смещение ж/б опоры в сторону. К бетонной опоре должны быть привязаны два каната, чтобы предотвратить ее контакт с периферийными линейными проводами при смещении в стороны. За исключением руководителя и ответственного персонала, не связанный с процессом персонал должен находиться на расстоянии в 1,2 раза длиннее высоты опоры

3) При подъеме проводов необходимо прикладывать равномерное усилие к проводам, после чего прочно их закрепить.

4) Канаты подвешенные с правой и левой сторон должны быть изолирующими и позволять управлять положением опоры при смещении в стороны. Отрегулируйте расстояние между бетонной опорой и проводами под напряжением. Не применяйте слишком большое усилие во избежание внезапного смещения, который приведет к резкому раскачиванию ж/б опоры. Используйте подвесные канаты для управления положением опоры и уменьшения смещения в сторону во избежание с периферийными линейными проводами. Приложите усилия для помощи крану при медленном погружении опоры в яму.

5) Во избежание падения проводов под напряжением при необходимости используйте перевязочную проволоку для связывания и закрепления мест, где привязаны передний и задний провода. Подъемный крюк, который поднимает средние линейные провода, должен быть защищен от внезапного отцепления.

6) После установки опоры и последующей регулировки засыпьте ее землей и утрамбуйте. Вышеперечисленные шаги описывают, как установить одноцепную подвесную опору. При необходимости установить распределительно-трансформаторную платформу, выполните следующие действия для установки дополнительной подвесной опоры, которая представляет собой двух-опорную трансформаторную платформу. Устройства на всех слоях трансформаторной платформы устанавливаются при условии достаточного безопасного расстояния между устройствами и деталями под напряжением. Затем для соединения платформы с линией и включения источника питания используется метод подключения обходных перемычек без нагрузки под напряжением.

II) Установка двухцепной подвесной опоры и распределительно-трансформаторной платформы.

Следующие шаги относятся к ситуации, когда двухцепные провода располагаются вертикально. Если провода расположены по направлению вверх и вниз, то способ установки опор примерно одинаков, но должны быть приняты соответствующие меры для установки траверс и изолирующих покрытий.

1) Состав бригады техников и распределение труда

- 1) Один руководитель работ, ответственный за подготовку всего рабочего плана, требований безопасности, организацию работы персонала и контроль безопасности во время работы.
- 2) Двое электромонтеров в изолированной корзине.
- 3) Один оператор крана, ответственный за подъем опоры.
- 4) Восемь наземных работников, включая четырех работников ответственных за левый и правый канаты (по два работника с каждой стороны) и контролирующих положение ж/б опоры для уменьшения смещения опоры в стороны. Два работника, ответственные за помощь крану в направлении и медленном погружении опоры в шурф; и двое работников, ответственных за перемещение инструментов и материалов, а также за руководство рабочей площадкой.

2) Рабочие инструменты и материалы

Состав инструментов и материалов, необходимых для установки двухцепной подвесной опоры и распределительно-трансформаторной платформы, приведены в таблице 7.11.

3) Последовательность действий

- 1) Выкопайте шурф под опору и сформируйте «склон».
- 2) Проверьте инструменты и материалы и установите защитные ограждения и знаки.
- 3) Накройте части под напряжением и заземленные части для создания изоляции. Двое электромонтеров в изолированной корзине поочередно экранируют и изолируют провода на всех сторон двухцепной линии, как показано на рис. 7.10(а), используя экранирующие покрытие проводов.
- 4) Измерьте и рассчитайте длину изоляции для предотвращения прямого контакта ж/б опор с проводами.

Таблица 7.11 Состав инструментов и материалов, необходимых для установки двухцепной подвесной опоры и распределительно-трансформаторной платформы.

Название	Количество	Название	Количество
Подъемное устройство с изолирующим звеном	1	Изолирующая накладка	2
Автокран	1	Изоляционный защитный шлем	2
Изолирующая опорная штанга	2	Диэлектрические перчатки	Две пары
Изоляционный пакет для изолирующей опоры	1	Защитные рукавицы	Две пары
Изолированная выдвижная штанга	1	Изолирующий тонкий линь	2
Изолирующее покрытие	10	Внутренняя телефонная связь (Интерфон)	4
Зажим изолирующего покрытия	20	Измеритель сопротивления изоляции	1
Изолированный канат	2	Ж/б опора или металлическая траверса и кронштейны	В зависимости от типа опор
Экранирующее покрытие провода	24	Опорная или фарфоровая траверса	В зависимости от типа опор

Допустимо минимальное расстояние в 0,4 м. Электромонтеры должны аккуратно закрывать и изолировать провода изолирующими втулками, прилагая равномерное усилие.

4) Тщательно подготовьтесь перед установкой опоры. При поднятии краном ж/б опоры над землей примерно на 1 м, наземные работники совместно устанавливают траверсы, кронштейны и изоляторы для устанавливаемой опоры и применяют изолирующие экранирующие покрытия для изоляции ж/б опоры, расположенной выше точки подъема, траверс, кронштейнов и изоляторов. Вновь установленное оборудование должно быть прочно закреплено, а изолирующие экранирующие средства должны быть установлены надежно и в соответствии с требованиями. Закрепите подвесные контрольные канаты в верхней части опоры. Арматурные стержни основания опор должны быть заземлены. После установки ж/б опоры погрузите заземленные провода и детали на дно ямы и засыпьте землей.

5) Установите новую опору.

i) Следуя указаниям руководителя работ кран медленно поднимает новую опору. Наземные работники при помощи подвесных канатов управляют движением опоры для уменьшения ее смещения в стороны, во избежание контакта с проводами. Наземные работники также помогают крану медленно передвигать опору к яме.

Опора должна быть установлена надежно, также необходимо обращать внимание на усилия, прилагаемые ко всем частям опоры во время установки. Специально назначенные ответственные лица должны наблюдать за контрольными подвесными канатами и следовать указаниям руководителя работ. При подъеме опоры расстояние от частей под напряжением должно составлять не менее 2,0 м. При подъеме опоры необходимо соблюдать осторожность. Оператор крана и работники, ответственные за направление опоры должны быть одеты в диэлектрические ботинки и диэлектрические перчатки. Кроме того, оператор не может отойти от крана во время подъема опоры для поддержания потенциала равному потенциалу крана.

За исключением руководителя и ответственного персонала, не связанный с процессом персонал должен находиться на расстоянии в 1,2 раза длиннее высоты опоры и не должен ходить или находиться в зоне подъема во время установки опоры.

ii) После установки опоры и последующей регулировки засыпьте ее землей и утрамбуйте, как показано на рисунке 7.10(b).

6) Закрепите провода.

i) Электромонтеры в изолированной корзине совместными усилиями помещают провода на каждой из сторон двухцепной линии установленных на траверсах изоляторов. Провода нельзя отцеплять от подъемного крюка, до тех пор, пока они не будут закреплены, как показано на рисунке 7.10(c). Соедините провода в порядке, удобном для выполнения.

ii) Убедившись, что новая опора прочно установлена, выведите кран из рабочей зоны.

7) Снимите изолирующие покрытия и вернитесь на землю.

После работы убедитесь, что на проводах и опоре не осталось никаких предметов. Затем снимите изолирующие покрытия

4) Меры предосторожности

Меры предосторожности в основном те же, что и при установке одноцепной подвесной опоры. Однако важно отметить, что, поскольку компоненты опоры на двухцепной линии расположены более плотно и расстояние между ними меньше, изолирующие и изоляционные покрытия должны быть надежными и целостными.

Вышеперечисленные шаги описывают, как установить двухцепную подвесную опору. При необходимости установить распределительно-трансформаторную платформу, выполните следующие действия для установки дополнительной подвесной опоры, которая представляет собой двух-опорную трансформаторную платформу. Устройства на всех слоях трансформаторной платформы устанавливаются при условии достаточного безопасного расстояния между устройствами и деталями под напряжением. Затем для соединения платформы с линией и включения источника питания используется метод подключения обходных перемычек без нагрузки под напряжением.

(a)



(b)



Рис. 7.10 Установка двухцепной подвесной опоры. (a) установки изолирующих покрытий; (b) подъем и установка опоры в нужное место; (c) закрепление проводов.

(c)



Рис. 7.10 (Продолжение)

7.3.2 Замена подвесных опор

Ниже описывается, как заменить подвесную опору, на которой проложена одноцепная линия. Замена угловой подвесной опоры ограничивается грузоподъемностью, поэтому на данный момент не рекомендуется.

1) Состав бригады техников и распределение труда

- 1) Один руководитель работ, ответственный за подготовку всего рабочего плана, требований безопасности, организацию работы персонала и контроль безопасности во время работы.
- 2) Двое электромонтеров в изолированной корзине.
- 3) Один оператор крана, ответственный за подъём опоры.
- 4) Восемь наземных работников, включая четырех работников, ответственных за левый и правый канат (по двое рабочих с каждой стороны) контролирующих положение ж/б опоры для уменьшения смещения опоры в стороны; два работника, ответственные за помощь крану в направлении и медленном погружении опоры в шурф; и двое техников, ответственных за передачу инструментов и материалов, а также за руководство рабочей площадкой.

Таблица 7.12 Состав инструментов и материалов, необходимых для замены одноцепных (или двухцепных) подвесных опор.

Наименование	Кол-во	Наименование	Кол-во
Подъемное устройство с изолирующим звеном	1	Диэлектрическая каска	2
Автокран	1	Изолирующая накладка	2
Изолирующая опорная штанга	2	Диэлектрические перчатки	Две пары
Изоляционный пакет для изолирующей опоры	1	Защитные перчатки	Две пары
Изолированная выдвижная штанга	1	Изолирующий тонкий линь	2
Изолирующее покрытие	10	Система связи Интерфон	4
Зажим изолирующего покрытия	20	Измеритель сопротивления изоляции	1
Изолированный канат	2	Ж/б опора или металлическая траверса и кронштейны	В зависимости от типа опор
Экранирующее покрытие провода	12 (24 для двухцепной опоры)	Опорная или фарфоровая траверса	В зависимости от типа опор

2) Рабочие инструменты и материалы

Состав инструментов и материалов, необходимых для замены одноцепной (или двухцепной) подвесной опоры, приведены в таблице 7.12.

- 1) Последовательность действий Проверьте инструменты и материалы и установите защитные ограждения и знаки.
- 2) Припаркуйте подъемное устройство с изолирующим звеном в предварительно определенное место и проверьте его работоспособность.
- 3) Накройте компоненты, находящиеся под напряжением и заземленные части для создания изоляции. Работники изолирующей корзины применяют экранирующее покрытие провода и изолирующие покрытия для экранирования и изоляции проводов трехфазной цепи, ж/б опор, траверс и изоляторов на подлежащих замене старых опорах, как показано на рис. 7.11(а). Изолирующие покрытия должны устанавливаться в соответствии с принципом «от ближнего до дальнего» и «от нижнего до высшего».

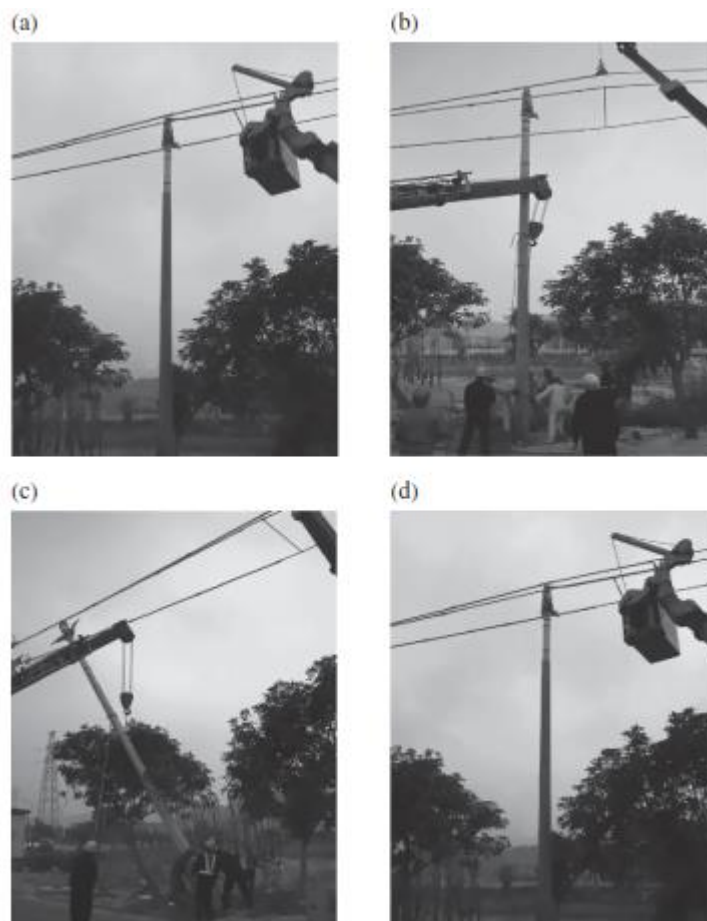


Рис. 7.11 Замена подвесной опоры. а) установка изолирующих покрытий и опорных штанг; б) ослабление перевязочной проволоки и поднимаемых проводов; с) подъем и извлечение старой опоры и установка новой; д) закрепление проводов.

Измерьте и рассчитайте длину изоляции во избежание контакта ж/б опоры с проводами. Допустимо минимальное расстояние в 0,4 м. Изолирующие экранирующие средства должны быть установлены надежно и в соответствии с требованиями. Электромонтеры должны с осторожностью производить изолирование проводов изолированными гильзами, прилагая равномерное усилие.

4) Подведите кран к рабочей площадке.

i) Подведите кран к рабочей площадке. Поднимите стрелу в заданное положение и надежно зафиксируйте. Надлежащим образом прикрепите канат к старой опоре. Подъемное устройство должно быть проверено и быть в состоянии поднять объект. Подъемный крюк крана должен быть защищен от внезапного отцепления. Кран должен быть надежно заземлен. Стропа каната в точке подъема должна быть прикреплена к соответствующей части опоры, чтобы предотвратить внезапное падение.

ii) Закрепите левый и правый канаты в верхней части опоры. Левый и правый подвесные канаты должны быть изолированы и закреплены в правильном положении во избежание смещения ж/б опоры в стороны. Отрегулируйте расстояние между бетонной опорой и проводами под напряжением. Не прикладывайте слишком большое усилие, чтобы избежать внезапного смещения, который приведет к резкому раскачиванию ж/б опоры.

5) Установите опоры и поднимите средние линейные провода.

i) Электромонтеры в изолированной корзине ослабляют перевязочную проволоку на двух периферийных линиях, а затем при помощи рычага управления приводя в движение двигатель подъемной стрелы малого крана, опускают периферийные линейные проводов (обращая внимание на провисание проводов). Перед опусканием периферийных линейных проводов необходимо рассчитать уровень провисания и убедиться, что он входит в допустимый предел.

ii) Электромонтеры в изолированной корзине используют опорные штанги для удержания периферийных линейных проводов на расстоянии друг от друга, или наземные работники при помощи изолированных канатов оттягивают периферийные линейные провода в противоположные стороны, закрепляя изолированные канаты на грунтовой свае. Во избежание падения проводов под напряжением при установке опорных штанг примените перевязочную проволоку для укрепления и фиксации мест, где закреплены передние и задние провода.

iii) Электромонтеры в изолированной корзине ослабляют перевязочную проволоку центральных линейных проводов, а затем при помощи рычага управления приводя в движение двигатель подъемной стрелы малого крана, поднимают центральные линейные провода на нужную высоту, как показано на рис. 7.11(b). Измерьте и рассчитайте высоту подъема во избежание контакта ж/б опоры с проводами под напряжением. Допустимо расстояние в 0,4 м.

iv) При подъеме и опускании проводов прикладывайте равномерное усилие, надежно закрепляйте их и избегайте отцепления.

6) Выкопать «склон» у опоры, подлежащей замене.

7) Удалите опору, подлежащую замене.

i) Следуя указаниям руководителя кран медленно опускает старый столб. Наземные работники при помощи подвесных канатов управляют положением опоры для уменьшения смещения в сторону во избежание контакта опоры и периферийных линейных проводов. Наземные работники также помогают крану медленно передвигать опору к яме на глубину 1,0 метра от поверхности. Опора должна быть осторожно удалена. При удалении необходимо уделять внимание силе прилагаемой к каждой из частей опоры. Назначенные ответственные лица должны наблюдать за контрольными канатами следуя указаниям руководителя. При опускании опоры, подъемная стрела должна находиться на расстоянии не менее 2,0 м от деталей, находящихся под напряжением. За исключением руководителя и ответственного персонала, не связанный с процессом персонал должен находиться на расстоянии в 1,2 раза длиннее высоты опоры и не должен ходить или находиться в зоне подъема во время установки опоры.

ii) Снимите с опоры изолирующие экранирующие средства, траверсы и изоляторы.

iii) Переместите старую опору в сторону, чтобы не создавать помехи при установке новой опоры. Новая опора должна быть установлена как показано на рис. 7.11(c).

8) Установите новую опору.

i) Восстановите шурф для опоры и «склон». Плотно расположите основание новой опоры над «склоном». Надежно установите заземляющие провода в основании опоры.

ii) Экранирование, а также подъем и установка новой опоры могут быть выполнены следуя инструкции по установке опорных штанг под напряжением.

9) Закрепите провода.

i) Электромонтеры в изолированной корзине совместными усилиями прокладывают центральные линейные провода на установленные траверсы изоляторы. Надежно закрепите провода, как показано на рис. 7.11(d). Процесс опускания и размещения проводов, а также удаления опорных штанг должен проводиться с осторожностью. Центральные линейные провода нельзя отцеплять от крюка крана, до тех пор, пока они надежно не закреплены.

ii) Электромонтеры в изолированной корзине совместными усилиями снимают изолирующие опорные штанги для периферийных линейных проводов. Поместите провода по бокам установленных на траверсах изоляторов и прочно закрепите их.

iii) Убедившись в надежности установленной опоры выведите кран из рабочей зоны.

10) Снимите изолирующие покрытия и вернитесь на землю. По окончании работ убедитесь, что на проводах и опоре не осталось посторонних предметов. Затем снимите изолирующие покрытия и вернитесь на землю.

3) Меры предосторожности

1) Перед установкой или снятием опоры необходимо подготовить «склон», во избежание опрокидывания опоры при подъеме и контакта верхней части опоры с проводами, находящимися под напряжением. Прежде чем начать выкапывать «склона» следует прикрепить кран и канаты к опоре во избежание ее падения.

- 2) При подъеме и опускании проводов необходимо прилагать равномерные усилия к проводам и прочно их закреплять. Перед подъемом и опусканием проводов необходимо проверить провисание проводов и убедиться, что оно находится на допустимом уровне.
- 3) При установке или удалении опоры краном стропа каната должна быть закреплена в правильном положении, во избежание внезапного падения опоры при удалении.
- 4) Перед снятием проводов с опоры необходимо проверить основание опоры на прочность и принять меры по предотвращению ее разрушения. Перед выкапыванием ямы необходимо закрепить опору.
- 5) Левый и правый подвесные канаты должны быть изолированы и закреплены в правильном положении во избежание смещения ж/б опоры в стороны. Отрегулируйте расстояние между бетонной опорой и проводами под напряжением. Не прикладывайте слишком большие усилия, во избежание внезапного смещения, которое может привести к резкому раскачиванию ж/б опоры.
- 6) Следуйте процедуре по подъемным операциям. Подъемное устройство должно быть проверено и быть в состоянии поднять объект. Подъемный крюк крана должен быть защищен от внезапного отцепления.

7.3.3 Замена подвесных опор на натяжные опоры

- 1) Состав бригады техников и распределение труда
 - 1) Один руководитель работ, ответственный за подготовку всего рабочего плана, требований безопасности, организацию персонала, контроль безопасности и охраны труда во время работы.
 - 2) Два наземных работника, ответственных за передачу инструментов и материалов и руководство рабочей площадкой.
 - 3) Четверо электромонтеров в изолированной корзине. Двое из них ответственны за проведение работы, а двое других ассистируют в работе.
- 2) Рабочие инструменты и материалы

Состав инструментов и материалов, необходимых для замены подвесной опоры на натяжную, приведены в таблице 7.13.

 - 1) Последовательность действий Проверьте инструменты и материалы и установите защитные ограждения и знаки.
 - 2) Руководитель работ проверяет крепление проводов на обоих концах рабочих участков. При необходимости, передние и задние провода и изоляторы на подвесной опоре должны быть прочно закреплены или приняты другие меры для предотвращения падения проводов с изоляторов.
 - 3) Припаркуйте подъемное устройство с изолирующим звеном в предварительно определенное место и проверьте на работоспособность.

Накройте части, находящиеся под напряжением и заземленные части для создания изоляции. Опора показана на рис. 7.12(а). Четыре человека в изолированной корзине применяют экранирующее покрытие провода для экранирования и изоляции частей, находящихся под напряжением и заземленных частей (включая траверсы, изоляторы и предварительно установленные траверсы периферийных линейных проводов; изоляторы и размыкающие высокого напряжения переключатели), которые не отвечают требованиям о безопасном расстоянии, как показано на рис. 7.12(б). Объем изолирующего покрытия и изоляции должен быть на 0,4 м шире области работы электромонтера.

Таблица 7.13 Состав инструментов и материалов, необходимых для замены подвесных опор на натяжные опоры

Наименование	Кол-во	Наименование	Кол-во
Подъемное устройство с изолирующим звеном	2	Изолированный ключ	2
Изолированный канат с зажимами с обоих краев	1	Изолированный кабельный отсекатель	1
Изолирующее покрытие	10	Клещевой амперметр	
Зажим пакет изолирующего покрытия	20	Измеритель сопротивления изоляции	1
Изолированный канат	2	Байпас маневровой проволоки	1
Экранирующее покрытие провода	8	Траверса натяжной опоры (в т.ч. фитинги, изоляторы, комплектующие)	1
Изолированная накладка	4	Система связи Интерфон	3
Диэлектрическая каска	4	Защитные перчатки	Четыре пары
Диэлектрические перчатки	Четыре пары	Клиновой зажим	6
Изолирующий тонкий линь и натяжитель	2	Инструмент для клинового зажима	1
Крюк для крепления изолированного провода	2		

4) Установите траверсы, подвесные изоляторы и опорные изоляторы перемычек для опор натяжных опор. Установите двойные траверсы на периферийных линиях ниже первоначальных траверс для подвесной опоры и установите гирлянды подвесных изоляторов на траверсах. Для центральной линии используйте метод установки с зажимом и установите опорные изоляторы перемычек, как показано на рис. 7.12(с).

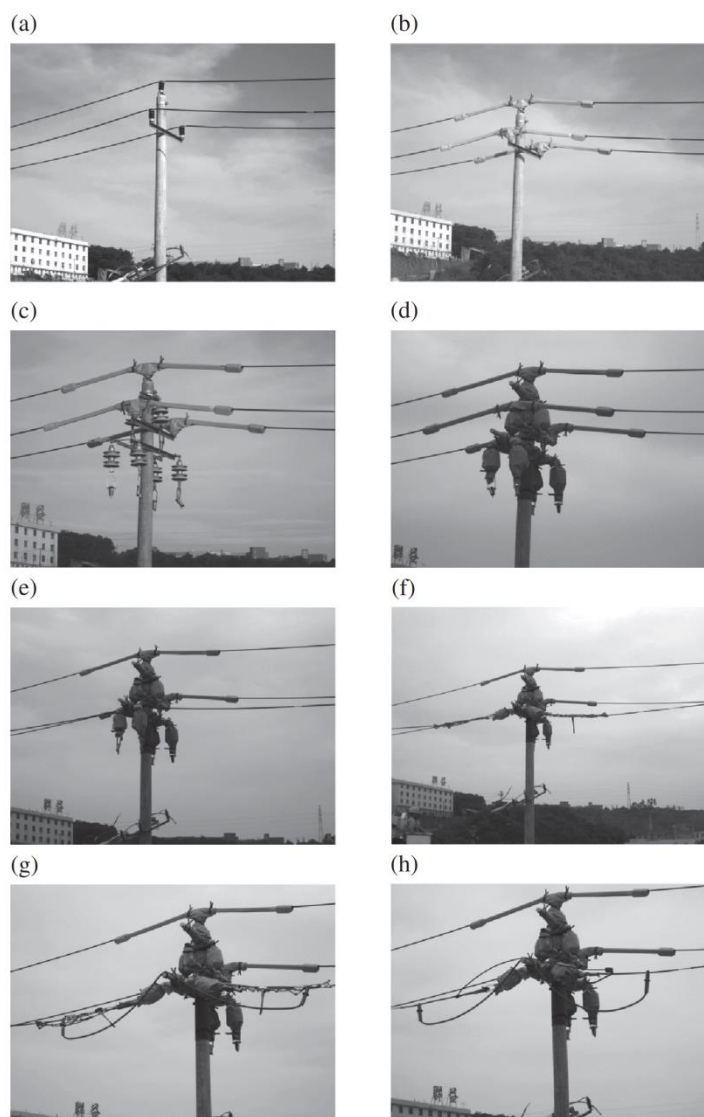


Рис. 7.12 Замена подвесных опор на натяжные (I).

(а) подвесная опора; (б) установка изолирующих покрытий. Замена подвесной опоры на натяжную (II). (с) установка траверсы натяжной опоры и изоляторов; (д) экранирование траверс и изоляторов для изоляции; (е) опускание периферийных линейных проводов на траверсу; (ф) установка натяжных устройств и фиксация подвесных изоляторов; (г) установка байпаса маневровой проволоки; (h) отсоединение периферийных линейных проводов и установка в качестве клемм.

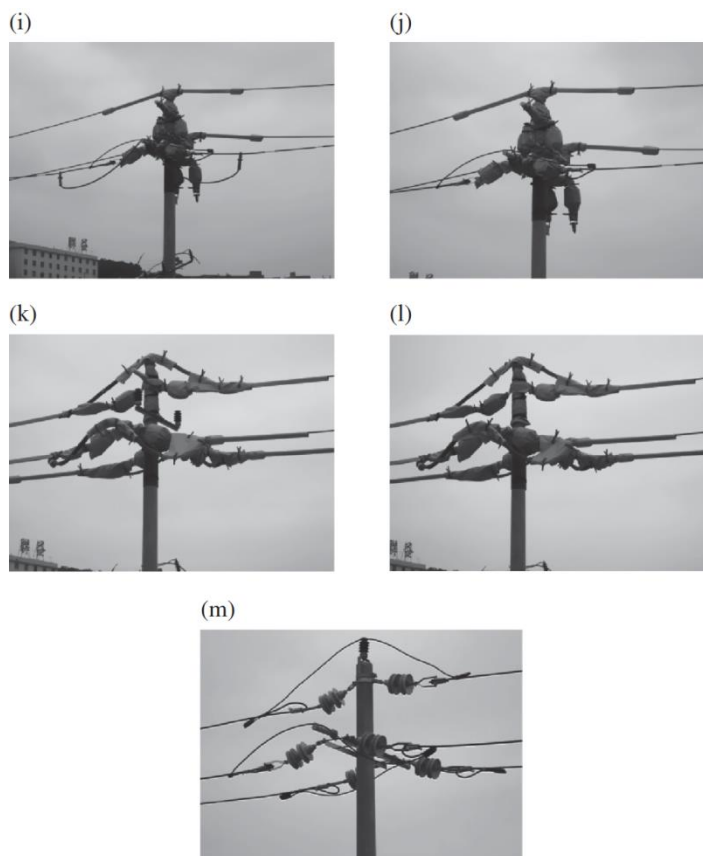


Рис. 7.12 (Продолжение) Замена подвесных опор на натяжные (III). (i) установка перемычек; (j) снятие байпаса маневровой проволоки; (k) установка изолирующих покрытий после снятия; (l) снятие траверс подвесных опор; (m) натяжная опора после демонтажа.

- 5) Накройте установленные траверсы и изоляторы для изоляции. Накройте траверсы и изоляторы изолирующими покрытиями, как показано на рис. 7.12(d).
- 6) Снимите периферийные линейные провода.
 - i) Опустите периферийные линейные провода на траверсы натяжной опоры. Четыре электромонтера в изолированной корзине совместными усилиями ослабляют перевязочную проволоку периферийных линейных проводов и надежно устанавливают провода по бокам установленной изолированной натяжной траверсы, как показано на рис. 7.12(e). Необходимо осторожно перемещать провода, во избежание короткого замыкания между проводами и заземлением из-за колебаний.
 - ii) Установите натяжные устройства и закрепите подвесные изоляторы. Четыре электромонтера в изолированной корзине устанавливают страховочные канаты на обоих концах проводов, подлежащих снятию. Страховочные канаты должны быть установлены так, чтобы не препятствовать проведению работ, затянуты после установки и способны выдержать прикладываемую нагрузку. Перед установкой страховочных канатов работники и руководитель должны совместно убедиться в том, провода на обоих концах соответствуют требованиям. Установите натяжные устройства и натяните периферийные линейные провода. Установите зажимы гирлянд и закрепите их на подвесных изоляторах, как показано на рис. 7.12(f). Натяжные изолированные устройства следует использовать для натяжения и контроля провисания проводов.
 - iii) Установите байпас маневрового провода, как показано на рис. 7.12(g). Измерьте общий ток проводов. Четыре электромонтера в изолированной корзине устанавливают байпас маневрового провода в соответствующее положение на обоих проводах подлежащего снятию. Предварительно следует удалить окисленные слои проводов, которые находятся в местах соединения байпаса маневрового провода. Токонесущая способность байпасов маневровых проволок должна превышать общий ток проводов. Байпас маневрового провода должен быть установлен таким образом, чтобы не препятствовать работе а зазор между верхней и нижней местами установки не должен

быть слишком большим. Перед установкой байпасов маневровой проволоки работники и руководитель должны совместно убедиться, что фазы на обоих концах байпасов маневровых проволок соответствуют требованиям во избежание короткого межфазного замыкания.

iv) Натяните натяжным устройством периферийные линейные провода и страховочные канаты, как показано на рис. 7.12(h).

v) Отсоедините провода и установите их в качестве клемм, как показано на рис. 7.12(h). Электромонтеры в изолированной корзине определяют условия параллельного подключения байпасов маневровой проволоки, убедившись, что соединение надежно и процесс прошел успешно. Четыре электромонтера в изолированной корзине совместно используют изолированный кабельный отсекаватель, чтобы отсоединить периферийные линейные провода, отвернуть и связав остальные периферийные линейные провода применить в качестве клемм. При отсоединении проводов закрепите оба конца в месте отсоединения крюком для крепления изолированного провода, во избежание колебания отсоединенных концов.

vi) Установите перемычки, как показано на рис. 7.12(i). Подсоедините перемычки отсоединенных проводов и измерьте ток, проходящий через перемычки. Убедитесь, что поток тока является приемлемым.

vii) Снимите байпас маневрового провода и восстановите защитные покрытия и изоляцию на проводе, как показано на рис. 7.12(j).

viii) Следуйте вышеперечисленным шагам от i до vii для отсоединения остальных периферийных линейных проводов.

7) Отсоедините центральные линейные провода. Для этого выполните описанные выше действия по размыканию контактов периферийных линейных проводов.

8) После отсоединения проводов расположите изолирующие покрытия. После отсоединения немедленно накройте провода находящиеся под напряжением и установленные траверсы изолирующими покрытиями, как показано на рис. 7.12(k). Изолирующие покрытия должны устанавливаться в соответствии с принципом «от ближнего до дальнего» и «от нижнего до высшего».

9) Снимите старые траверсы и изоляторы. Четыре электромонтера в изолированной корзине совместными усилиями снимают старые траверсы и изоляторы, как показано на рис. 7.12(l). Сначала снимите изоляторы, а затем траверсы. Траверсы должны демонтироваться и устанавливаться с осторожностью, избегая сильных встрясок и ударов.

10) Снимите изолирующие покрытия и вернитесь на землю. После работы убедитесь, что на проводах и опоре не осталось никаких предметов. Затем снимите изолирующие покрытия и вернитесь на землю. Демонтированная натяжная опора показана на рис. 7.12(m).

4) Меры предосторожности

1) Токонесущая способность байпаса маневрового провода должна соответствовать требованиям эксплуатации оборудования. Перед установкой байпаса маневрового провода работники и руководитель должны совместно убедиться, что провода на обоих концах байпаса маневрового провода соответствуют требованиям во избежание межфазного короткого замыкания. Прежде чем отсоединить концы проводов, примените клещевой амперметр для проверки и подтверждения того, что поток тока байпаса маневрового провода приемлем и соединение надежно.

2) Запрещается отсоединять провода одновременно в двух и более линиях одновременно.

3) После отсоединения проводов два отсоединенных конца должны быть хорошо связаны, изолированы, надежно закреплены и удерживаться на достаточном безопасном расстоянии.

4) Провода не могут быть отсоединены до тех пор, пока напряжение в проводе не будет полностью передано на гирлянды натяжного изолятора и резервный страховочный канат не примет на себя соответствующие нагрузки.

5) Провода должны быть прочно соединены с гирляндами натяжных изоляторов.

6) Снятие и подключение байпаса маневрового провода, а также демонтаж и установка траверс должны выполняться осторожно. Маневровый провод и траверсы должны быть надежно закреплены.

7.3.4 Замена выключателей, установленных на опоре, под нагрузкой

Выключатели, установленные на опоре относятся к расцепителям (переключателям нагрузки), размыкающим переключателям или выключающим предохранителям.

7.3.4.1 Замена разъединителя

Разъединители или выключающие предохранители обычно заменяются при помощи подъемного устройства с изолирующим звеном. В следующем разделе описывается процедура замены разъединителя.

1) Состав бригады техников и распределение труда

- 1) Один руководитель работ, ответственный за подготовку всего рабочего плана, требований безопасности, организацию работы персонала и контроль безопасности во время работы.
- 2) Два электромонтера в изолированной корзине.
- 3) От одного до двух наземных работников ответственных за передачу инструментов и материалов, и руководство рабочей площадкой.
 - 1) Проверьте инструменты и материалы и установите защитные ограждения и знаки.
 - 2) Припаркуйте подъемное устройство с изолирующим звеном в предварительно определенное место и проверьте на работоспособность.
 - 3) Заблокируйте механизм отключения расцепителей (данный шаг необходим, когда выключатель относится к типу расцепителей, также применимо к описанному ниже).
 - 4) Накройте части находящиеся под напряжением и заземленные части для изоляции. Установка расцепителей и разъединителей показана на рис. 7.13(a). Двое электромонтеров в изолированной корзине используют защитные покрытия втулок проводов и изолирующие покрытия для экранирования и изоляции деталей под напряжением, которые, в свою очередь, не отвечают требованиям о безопасном расстоянии. Изолирующие покрытия, предназначенные для замены разъединителей на одной линии показаны на рис. 7.13(b).
 - 5) Установите байпас маневрового провода.
 - i) Измерьте общий ток проводов. Токонесущая способность байпаса маневрового провода должна превышать общий ток разъединителя.

Таблица 7.14 Состав инструментов и материалов, необходимых для замены разъединителей.

Наименование	Кол-во	Наименование	Кол-во
Подъемное устройство с изолирующим звеном	1	Защитное ограждение	6
Изолирующее покрытие	6	Байпас маневровой проволоки	1
Зажим для изолирующего покрытия	12	Разъединитель	1
Изолированный канат	1	Измеритель сопротивления изоляции	1
Защитное покрытие переходного изолятора	4	Амперметр для измерений без разрыва электрической цепи	1
Изолированный ключ	1		1
Изолированный жгут	1	Система связи Интерфон	2

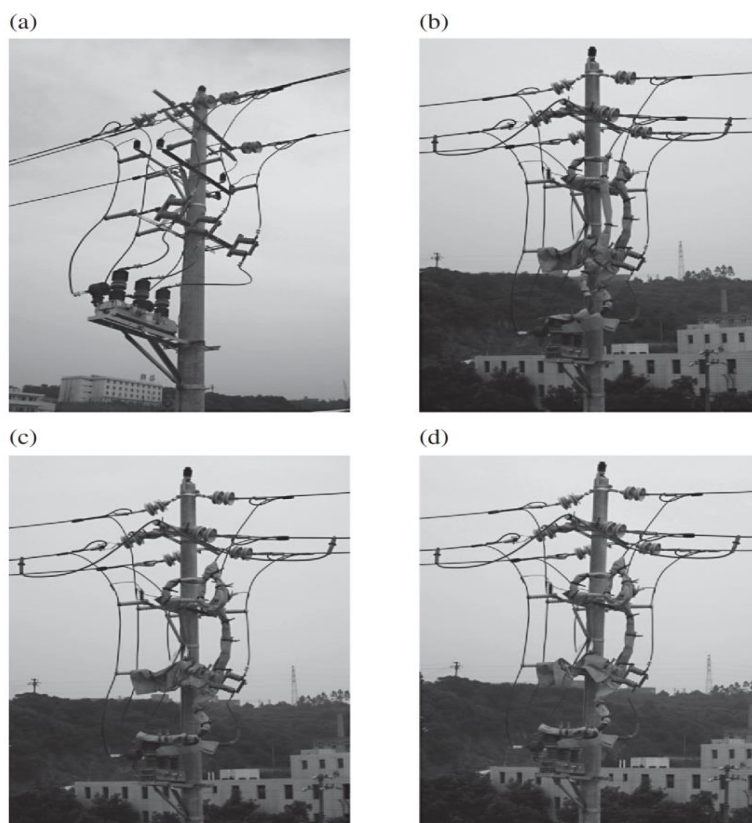


Рис. 7.13 Замена разъединителей. (а) изображение опоры перед заменой; (b) установка изолирующих покрытий и байпаса маневрового провода; (с) снятие свинцовых проводов; (d) снятие размыкающих переключателей.

ii) Двое электромонтеров в изолированной корзине устанавливают байпас маневрового провода в соответствующее положение на верхних проводах обоих концов разъединителей, подлежащих замене, как показано на рис. 7.13(b). Окисленные слои проводов, которые находятся в местах соединения байпаса маневрового провода, должны быть удалены в первую очередь. Байпас маневрового провода должен быть установлен так, чтобы не препятствовать работе, а зазор между верхней и нижней местами установки не должен быть слишком большим. Перед установкой байпаса маневрового провода работники и руководитель должны совместно убедиться, что провода на обоих концах байпаса маневрового провода соответствуют требованиям во избежание межфазного короткого замыкания.

б) Замените разъединители.

i) Электромонтеры в изолированной корзине определяют условия параллельного подключения байпаса маневровой проволоки и подтверждают, что соединение надежное и процесс прошел успешно. При помощи изолированного жгута вытяните до открытия разъединители, подлежащие замене.

ii) Отсоедините верхний и нижний соединительные провода от зажимных винтов разъединителей. Используйте изолирующие покрытия и зажимы для их экранирования, изоляции и фиксации, как показано на рис. 7.13(c). При помощи изолированных зажимов закрепите соединительные провода перед отсоединением во избежание раскачивания.

iii) Снимите старые разъединители, как показано на рис. 7.13(d). При установке новых разъединителей необходимо убедиться, что они находятся в открытом положении.

iv) Подсоедините верхний и нижний соединительные провода при помощи зажимных винтов разъединителей. Перед открытием или закрытием размыкающих переключателей работники и руководитель должны убедиться в том, что линии на обоих концах разъединителей соответствуют требованиям. Прежде чем открывать или закрывать разъединители, необходимо еще раз убедиться, что соединение байпаса

маневрового провода надежное и процесс соединения прошел успешно. Во время проведения работ должен применяться изолированный жгут.

v) Измерьте ток, протекающий через разъединители, и убедитесь, что поток тока приемлем, то есть,

Ток, проходящий через байпас маневрового провода (разъединителя) $\geq 10\%$ общего тока в проводах

Ток, проходящий через байпас маневрового провода + ток, проходящий через разъединители = Общий ток в проводах

vi) Снимите байпас маневрового провода и восстановите изолирующие покрытия и изоляцию на проводе.

7) Для поэтапной замены разъединителей выполните описанные выше действия.

8) Восстановите механизм отключения расцепителей (данный шаг необходим, когда выключатель относится к типу расцепителей, также применимо к описанному ниже).

9) После работы убедитесь, что на проводах и опоре не осталось никаких предметов. Затем снимите изолирующие покрытия и вернитесь на землю.

4) Меры предосторожности

1) С помощью амперметра для измерений без разрыва электрической цепи проверьте и убедитесь, что байпас маневрового провода функционирует правильно и его соединение надежно.

2) Запрещается заменять весь комплект разъединителей одновременно на двух и более линиях.

3) После отсоединения соединительных проводов на верхних и нижних зажимных винтах разъединителей важно надежно и закрепить соединительные провода на достаточном безопасном расстоянии.

4) После установки байпаса маневрового провода сначала проверьте, соответствует ли токовый канал соответствующим требованиям, а затем отсоедините или подсоедините разъединители.

5) Провода разъединителей не могут быть удалены или подсоединены до тех пор, пока расцепители не будут отсоединены, также убедившись, что расцепители и разъединители находятся в открытом положении. Необходимо избегать удаления и подсоединения проводов под нагрузкой.

6) Для соответствующих расцепителей разъединителей механизм отключения расцепителей должен быть заблокирован перед началом работы и возвращен в прежнее положение после работы.

7.3.4.1 Замена расцепителей, установленных на опоре

Одноопорные расцепители, установленные на опорах или переключатели нагрузки обычно устанавливаются вместе с разъединителями, как показано на рисунке ниже.

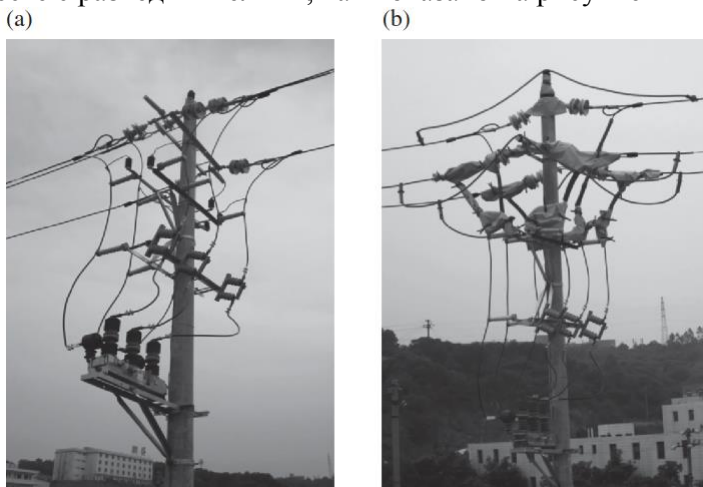


Рис. 7.14 Замена расцепителей, установленных на опоре (I). (a) расцепители, установленные на опоре; (b) установка изолирующих покрытий и байпаса прокладка маневровых проводов.

Рис. 7.14(a). Обычно их заменяют при помощи подъемного устройства с изолирующим звеном.

В следующем разделе описывается процедура замены установленных на опорах расцепителей.

1) Состав бригады техников и распределение труда

- 1) Один руководитель работ, ответственный за подготовку всего рабочего плана, требований безопасности, организацию работы персонала и контроль безопасности во время работы.
- 2) Двое электромонтеров в изолированной корзине.
- 3) Двое электромонтеров на опорах, ответственные за помощь крану в подъеме расцепителей.
- 4) Два наземных техника ответственные за передачу инструментов и материалов, а также за руководство рабочей площадкой.
- 5) Один оператор крана, ответственный за подъем расцепителей.

2) Рабочие инструменты и материалы

Состав инструментов и материалов, необходимых для замены под напряжением расцепителей, установленных на опорах, приведены в таблице 7.15.

- 1) Последовательность действий Проверьте инструменты и материалы и установите защитные ограждения и знаки.
- 2) Припаркуйте подъемное устройство с изолирующим звеном в предварительно определенное место и проверьте на работоспособность.

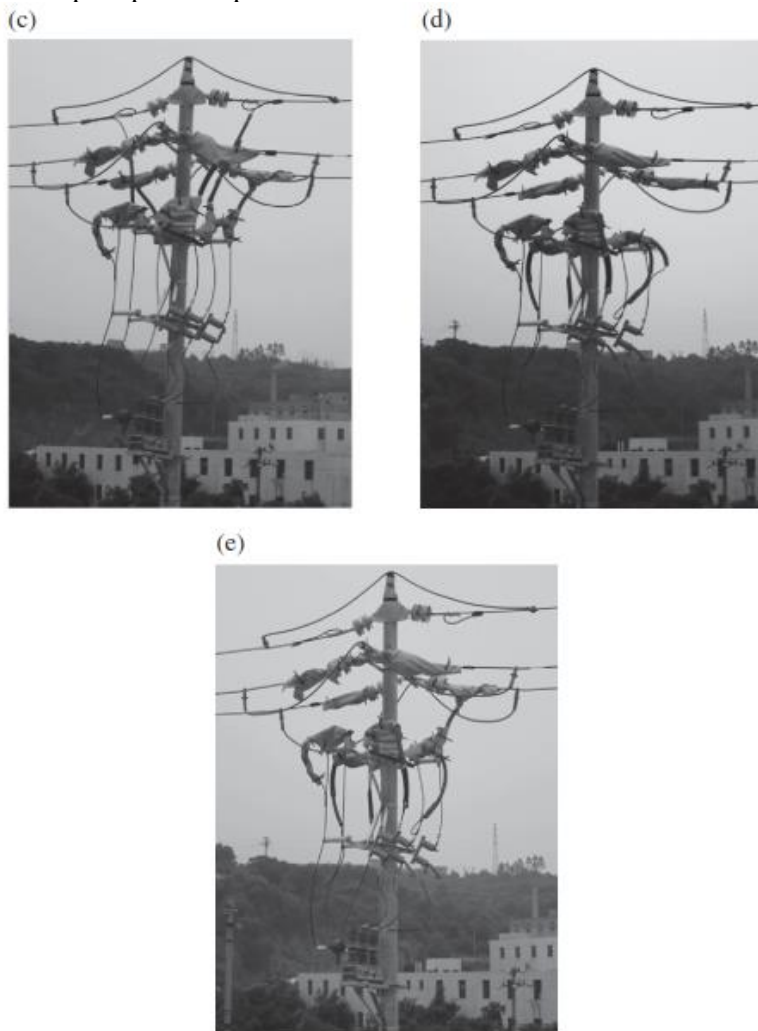


Рис. 7.14 (Продолжение) Замена расцепителей, установленных на опоре (II). (с) снятие свинцовых проводов; (d) снятие всех свинцовых проводов; (е) подключение свинцовых проводов.

- 3) Заблокируйте механизм отключения расцепителей.
- 4) Накройте части находящиеся под напряжением и заземленные части для изоляции. Двое электромонтеров в изолированной корзине совместно устанавливают защитные втулки проводов и изолирующие покрытия для экранирования и изоляции деталей, находящихся под напряжением и заземленных деталей, которые не соответствуют требованиям о безопасном расстоянии, как показано на рис. 7.14 (b).

Таблица 7.15 Состав инструментов и материалов, необходимых для замены стационарных выключателей под напряжением.

Название	Количество	Название	Количество
Подъемное устройство с изолированным звеном	1	Изолированная накладка	2
Автокран	1	Диэлектрическая защитная каска	2
Защитная втулка провода	6	Диэлектрические перчатки	Две пары
Изолирующее покрытие	6	Защитные рукавицы	Две пары
Зажим для изолирующего покрытия	12	Диэлектрические ботинки	Четыре пары
Изолированный канат	2	Система связи Интерфон	4
Изолированный ключ	4	Расцепитель	В зависимости от опоры
Амперметр для измерений без разрыва электрической цепи	1	Изолированный провод	В зависимости от опоры
Байпас маневровой проволоки	3	Зажим	В зависимости от опоры

- 5) Установите байпас маневровой проволоки.
 - i) Измерьте общий ток в проводах. Токонесущая способность маневровой проволоки должна превышать общий ток разъединителей.
 - ii) Двое электромонтеров в изолированной корзине устанавливают байпас маневровой проволоки в верхней части на обоих концах разъединителей подлежащих замене, как показано на рис. 7.13. Предварительно следует удалить окисленные слои проводов, которые находятся в местах соединения байпаса маневровой проволоки. Байпас маневровой проволоки должны быть установлены таким образом, чтобы не создавать препятствия для работы, а зазор между верхней и нижней местами соединения не должен быть слишком большим. Перед установкой работники и руководитель должны убедиться в том, что провода на обоих концах маневровой проволоки соответствуют требованиям, во избежание межфазного короткого замыкания.
- 6) Отсоедините провода расцепителей и разъединителей. Электромонтеры в изолированной корзине осторожно отсоединяют провода с обеих сторон расцепителей и разъединителей. Для отсоединения свинцовых проводов следуйте принципам, «от ближнего до дальнего» и «от нижнего до высшего», как показано на рис. 7.14(с). При помощи изолирующих покрытий накройте отсоединенные свинцовые провода для изоляции. Согните отсоединенные свинцовые провода и закрепите их изолирующими канатами на нижних концах опорных изоляторов. Электромонтеры в изолированной корзине должны находиться на расстоянии не менее 0,6 м от находящихся под напряжением частей, и не менее 0,4 м от заземленных частей. Как показано на рис. 7.14(d), все разъемы под опорными изоляторами для свинцовых проводов расцепителей, установленных на опорах и разъединителей, должны быть обесточены. При условии соблюдения достаточного безопасного расстояния от находящихся под

напряжением частей расцепители могут быть разобраны, сняты, подняты и установлены при бесперебойной подаче электропитания потребителю.

7) Снимите и установите выключатели.

- i) Подъемная стрела крана и электромонтеры, работающие на опоре на заданную высоту. При подъеме расцепителей стрела должна находиться на расстоянии не менее 2,0 м от деталей под напряжением. Если данное требование не может быть соблюдено, необходимо принять меры безопасности для изоляции деталей под напряжением.
 - ii) Электромонтеры, работающие на опорах тщательно подготавливаются к снятию расцепителей. Перед поднятием расцепителей краном, предварительно уровень нагрузки в точке подъема. Подъем не может быть выполнен не убедившись в безопасности.
 - iii) При помощи крана снимите и опустите расцепители, требующие замены и поднимите новые. При подъеме расцепителей необходимо прикладывать равномерные усилия и соблюдать равномерную скорость подъема. Крепление при подъеме должно быть надежным.
 - iv) Электромонтеры устанавливают расцепители. При снятии и установке расцепителей, детали, находящиеся под напряжением, должны находиться на безопасном расстоянии в 0,7 м.
 - v) Электромонтеры возвращаются на землю. Стрела подъемного крана втягивается.
- 8) Подсоедините свинцовые провода расцепителей. Убедитесь, что расцепители и разъединители находятся в открытом положении, как показано на рис. 7.14. Поэтапно подключите свинцовые провода расцепителей и разъединителей к проводам трехфазной цепи, находящимся под напряжением. При подключении свинцовых проводов следуйте принципам «от дальнего до ближнего» и «от высшего до нижнего».
- 9) Установите байпас маневровой проволоки. Накройте расцепители и разъединители и заблокируйте механизм отключения расцепителей. Используйте амперметр для измерений без разрыва электрической цепи для измерения тока в свинцовых проводах расцепителей. Убедившись, что поток тока приемлем, электромонтеры в изолированной корзине снимают трехфазный байпас маневровой проволоки и изолирующие покрытия.
- 10) Разблокируйте механизм отключения расцепителей. Надежное соединение и непрерывный ток в байпасе маневровых проволок имеют важное значение. Токонесущая способность изолированных байпасов маневровых проволок и зажимов на обоих концах должны соответствовать требованиям максимального тока нагрузки.

При соблюдении вышеуказанных требований можно восстановить механизм расцепления выключателей.

4) Меры предосторожности

- 1) Во время работы крана необходимо соблюдать достаточно безопасное расстояние от находящихся под напряжением деталей. Если этого не удастся достичь, следует принять надежные меры для экранирования частей находящихся под напряжением для изоляции.
- 2) При подъеме расцепителей необходимо прикладывать равномерные усилия и соблюдать равномерную скорость подъема. Крепление в точках подъема должно быть прочным.
- 3) Применяйте соответствующие требованиям подъемные инструменты и следуйте инструкциям по подъему. Перед подъемом расцепителей краном сначала необходимо поднять объекты с одинаковым весом, чтобы проверить как распределяется нагрузка в точке подъема. Подъем не может быть выполнен, пока не будет подтверждено, что крепления в точке подъема надежно закреплены.
- 4) Подъемные работы должны проводиться под руководством опытных специалистов, которые должны давать четкие, организационные указания всему персоналу, задействованному в процессе.
- 5) После установки байпаса маневровых проволок, свинцовые провода расцепителей не могут быть сняты до тех пор, пока путь прохождения тока не будет восстановлен, расцепители не будут отсоединены, и не будет подтверждено, что расцепители и разъединители высокого напряжения находятся в открытом положении. Необходимо избегать снятия под нагрузкой или подключение источника питания.

7.3.5 Установка расцепителей, установленных на опоре, под нагрузкой

Это сложная работа и в основном подходит для установки под напряжением и под нагрузкой выключателей установленных на опорах распределительных сетей. В следующем разделе описывается установка расцепителей на натяжную опору. Если опора не является натяжной, то подвесная опора может быть заменена на натяжную, в соответствии с процедурой по замене подвесной опоры на натяжную.

1) Состав бригады техников и распределение труда

- 1) Один руководитель работ, ответственный за подготовку всего рабочего плана, требований безопасности, организацию персонала и контроль безопасности и охраны труда во время работы.
- 2) Четверо электромонтеров в изолированной корзине.
- 3) Два наземных техника ответственные за передачу инструментов и материалов, а также за руководство рабочей площадкой.
- 4) Один оператор крана ответственный за подъем расцепителей.

2) Рабочие инструменты и материалы

Состав инструментов и материалов, необходимых для установки расцепителей на опоры под нагрузкой перечислены в таблице 7.16

- 1) Последовательность действий Проверьте инструменты и материалы. Установите защитные ограждения и знаки.
- 2) Припаркуйте подъемное устройство с изолирующим звеном в предварительно определенное место и проверьте на работоспособность.
- 3) Проведите подготовительные работы без отключения питания соблюдая безопасное расстояние от частей, находящихся под напряжением, как показано на рис. 7.15(а).
 - i) Установите кронштейны на расцепители и разъединители.
 - ii) Поднимите расцепители и разъединители, затяните, зафиксируйте и установите их.
 - iii) Установите разрядники расцепителей и заземляющие провода, которые соединены с верхними свинцовыми проводами расцепителей.

Таблица 7.16 Инструменты и материалы необходимые для установки расцепителей на опоры под нагрузкой

Название	Количество	Название	Количество
Подъемное устройство с изолированным звеном	1	Защитное покрытие втулок проводов	6
Автокран	1	Изолирующее покрытие	6
Зажим для изолирующего покрытия	12	Диэлектрические перчатки	Четыре пары
Изолированный канат	2	Защитные рукавицы	Четыре пары
Изолированный ключ	4	Диэлектрические боты	Четыре пары
Амперметр для измерений без разрыва электрической цепи	1	Система связи Интерфон	4
Байпас маневровой проволоки	3	Расцепитель	В зависимости от строения
Зажим для изолированного провода	1	Изолированный провод	В зависимости от строения
Защитное изолирующее покрытие (проводов, траверс и защитное покрытие изолятора)	Несколько	Зажимное устройство	В зависимости от строения
Изолирующая накладка	4	Разрядник	Одна упаковка (две упаковки расцепителей)

- iv) Подключите свинцовые провода между разъединителями и расцепителями. Верхние концы свинцовых проводов должны быть прочно прикреплены к опорным изоляторам, во избежание колебания концов проводов.
- 4) Накройте части, находящиеся под напряжением и заземленные части для изоляции. Как показано на рис. 7.15(b), детали под высоким и низким напряжением в пределах доступности должны быть изолированы.
- 5) Установите изолированные байпасы маневровых проводов поэтапно, как показано на рис. 7.15 (b). Надежное соединение и непрерывный ток в байпасах маневровых проводов имеют важное значение. Токонесущая способность изолированных байпасов маневровых проводов и зажимов на обоих концах должна соответствовать требованиям по максимальному току нагрузки. При помощи амперметра для измерения без разрыва электрической цепи убедитесь, что ток в маневровых проводах приемлем.
- 6) Снимите перемычки с натяжной опоры, как показано на рис. 7.15(c). Установите страховочные канаты проводов, обладающие хорошими изоляционными и механическими свойствами. Убедившись, что ток в байпасах маневровых проводов в норме, один электромонтер в изолированной корзине закрепляет перемычки крюками для изолированных проводов предотвращая их расшатывание или колебание. Другой электромонтер снимает перемычки с проводов. Необходимо снимать перемычки с осторожностью, во избежание межфазного короткого замыкания или короткого замыкания фазы на землю из-за сильного колебания.
- 7) Накройте провода расцепителей и разъединителей для изоляции, как показано на рис. 7.15(d). Расположите изолирующие покрытия над точками опоры изолятора свинцовых проводов расцепителей.
- 8) Подсоедините свинцовые провода трехфазной цепи расцепителей и разъединителей, как показано на рис. 7.15(e).

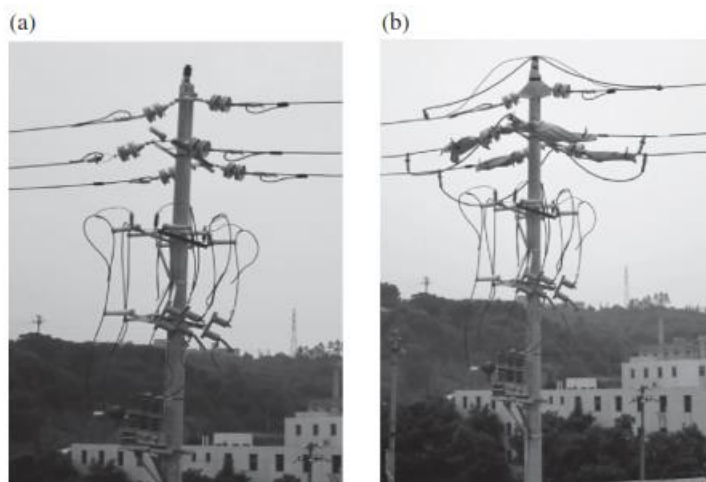


Рис. 7.15 Установка расцепителей на опоры под нагрузкой (I). (a) установка расцепителей, разъединителей, выключателей и вспомогательных устройств

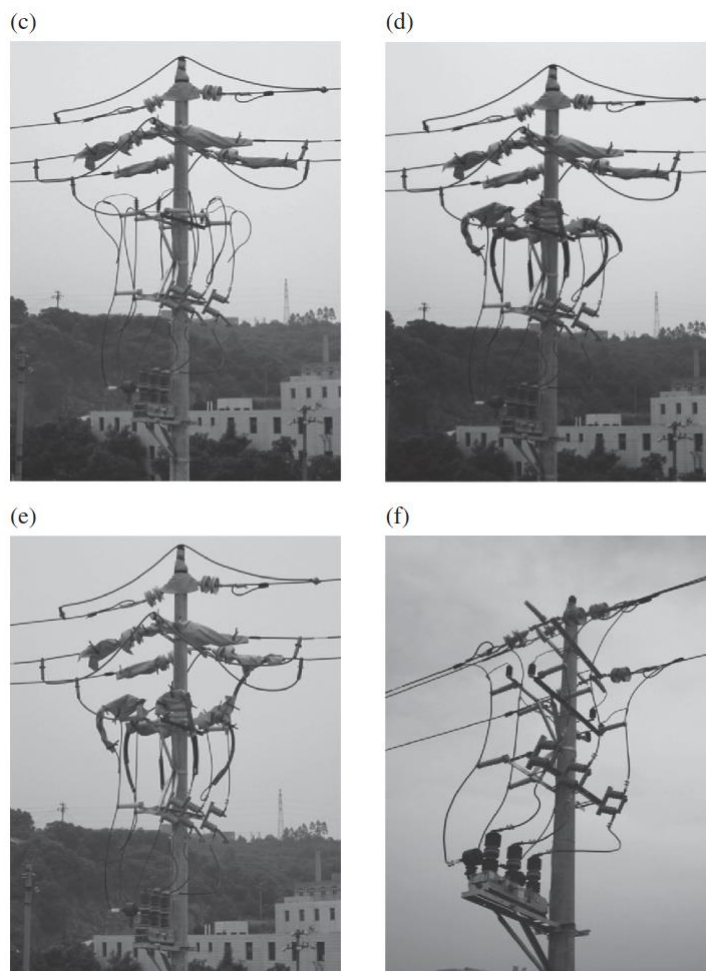


Рис. 7.15 (Продолжение) Установка расцепителей на опоры под нагрузкой (II). (с) снятие перемычек с натяжной опоры; (d) изоляция проводов; (e) подсоединение свинцовых проводов; (f) снятие байпасов маневровых проволок и изолирующих покрытий.

Убедитесь, что расцепители и разъединители находятся в открытом положении. Поэтапно подключите свинцовые провода расцепителей и разъединителей к проводам трехфазной цепи, находящимся под напряжением.

9) Снимите байпасы маневровых проволок трехфазной цепи и изолирующие покрытия, как показано на рис. 7.15(f). Изолируйте разъединители и расцепители и заблокируйте механизм отключения расцепителей. При помощи амперметра для измерений без разрыва электрической цепи измерьте ток в свинцовых проводах расцепителей. Убедившись в том, что поток тока приемлем, электромонтеры в изолированной корзине снимают байпасы маневровых проволок трехфазной цепи и изолирующие покрытия.

10) Разблокируйте механизм отключения расцепителей.

3) Меры предосторожности

1) Во время работы крана необходимо обеспечить достаточное безопасное расстояние от находящихся под напряжением деталей. Если данное требование не может быть соблюдено, следует принять надежные меры для изоляции частей, находящихся под напряжением.

2) При подъеме расцепителей необходимо прикладывать силу равномерно, соблюдая равномерную скорость. Крепление в точках подъема должно быть прочным.

3) Используйте подъемные инструменты, соответствующие требованиям, и следуйте инструкциям по подъему. Перед подъемом расцепителей краном поднимите объекты с одинаковым весом для определения, как распределяется нагрузка в точке подъема.

4) Подъемные работы должны проводиться под руководством опытных специалистов, которые должны давать четкие, организационные указания всему персоналу, задействованному в процессе.

- 5) Во время подготовительных работ, таких как установка и крепление расцепителей, разъединителей и кронштейнов, необходимо обеспечить достаточно безопасное расстояние от находящихся под напряжением частей. Если данное требование не может быть выполнено, следует принять надежные меры для изоляции частей, находящихся под напряжением.
- 6) Байпасы изолированных маневровых проволок должны быть прочно установлены при помощи изолированных проводов или изолированных кабелей избегая сильных колебаний. Пропускная способность байпасов маневровых проволок по току должна соответствовать требованиям на способность выдерживать нагрузки и поток тока должен быть приемлем.
- 7) Снятие перемычек с натяжных опор необходимо выполнять поэтапно. То есть, снятие не может быть выполнено на следующей линии, пока все перемычки не будут сняты в предыдущей.
- 8) После подключения проводов трехфазной цепи расцепителей и разъединителей закройте расцепители и разъединители. Проверьте ток и убедитесь, что он в норме. Затем заблокируйте механизм отключения расцепителей во избежание открытия.

Литература

1. Li Tianyou, Lin Qiu Jin. Practical Skills in MV-LV Distribution Network[M]. Beijing: China power press, 2012.
2. Hu Yi. Live Working Technology on Distribution Lines [M]. Beijing: China Power Press, 2002.
3. Xiang-lin; Hu Jian-xun, An Investigation on the Safety Evaluation of Live Working on 10 kV Distribution Lines: The Application of the Analytic Hierarchy Process, Computer Distributed Control and Intelligent Environmental Monitoring, 2012, Page(s): 122–125
4. A. Santamaria, R. Aracil, A. Tuduri, P. Matrtinez, F. Val, L. F. Penin, M. Pinto, and A. Barrientos, Teleoperated robots for live power lines maintence (ROBTET). In Proceedings of 14th International Conference and Exhibition on Electricity Distribution. Part 1: Contributions, vol. 3, pp 31/5-31/5, 2-5, Jun. 1997.
5. Lu Shouyin, Li Yanping, Qi We. Robotic live-working for electric power line maintenances, Industrial Electronics and Applications, 2009, Page(s): 1716–1719
6. Belkhir S, Moulai H, Soukeur F. Safe distance approach dimension-ing-application to high voltage live works||5th IET International Conference on System Safety 2010. Manchester, UK: IET, 2010.

8

Производство работ под напряжением на сетях низкого напряжения

Данная глава знакомит читателя с организационными мероприятиями, техническими приемами и рабочими требованиями к производству работ под напряжением на сетях низкого напряжения, также приведено описание для пяти видов работ, выполняемых под напряжением на сетях низкого напряжения.

8.1 Основные методы производства работ

Сети низкого напряжения обладают низким напряжением, малыми требованиями к изоляции, малым междупазным расстоянием, отличаются различными типами опор, изоляторами и конфигурацией проводов, а также компактным оборудованием распределительных щитов (шкафов). В городах, распределительные электрические сети низкого и среднего напряжения, как правило, располагаются на одной опоре (мачте) в несколько параллельных рядов или перекрестно. По сравнению с распределительными сетями среднего напряжения, в сетях низкого напряжения междупазное расстояние меньше, и для этих сетей типовой является трехфазная четырехпроводная система, поэтому, электромонтеры больше соприкасаются с электрооборудованием разного потенциала, что приводит к коротким замыканиям, дуговым ожогам и прожогам оборудования. Однако, благодаря низкому напряжению и легкому исполнению изоляционной защиты, на сетях низкого напряжения под напряжением работы можно выполнять безопасно и беспрепятственно при условии, что мероприятия по технике безопасности, организационные мероприятия и технические приемы проведены и используются [1].

8.1.1. Мероприятия по технике безопасности

- 1) Наряд-заказ (или задачи на выполнение работ при низком напряжении), разрешения на работу, контроль и правила постановлений строго соблюдаются. Работа осуществляется минимум двумя техниками, один из которых осуществляет контроль над процессом. Персонал, работающий на сетях под напряжением, должен иметь разрешение на выполнение таких работ, работать сконцентрировано, отключить мобильные телефоны во время работы. Техникам запрещено заниматься чем-либо не относящимся к работе. Руководитель работ должен иметь опыт работы на линиях под напряжением.
- 2) Перед началом руководитель работ должен проверить площадку и схему прокладки линии, назначить задачи всем членам рабочей смены и объяснить мероприятия по технике безопасности. В частности, руководитель работ должен прояснить расположение находящегося под напряжением оборудования вокруг рабочей площадки.
- 3) Должны быть проведены процедуры выдачи разрешения на список задач (или наряд-заказ). Электромонтеры не могут приступать к выполнению работ, пока руководитель не даст команду о разрешении для их выполнения. После получения ведомости выполненных работ, которую предоставляют техники, руководитель работ проверяет, соответствует ли качество конструкции требованиям по мощности под напряжением. После того, как все защитные приспособления убраны, а находящиеся на площадке техники покинули ее, руководитель работ может заявить об их завершении. Если используется наряд-заказ, необходимо сообщить о завершении работ в отдел управления оборудованием.
- 4) Группе, работающей на сетях под низким напряжением, должен быть предоставлен набор инструментов для производства работ. Набор инструментов должен включать полный набор электротехнических инструментов, как показано на рис. 8.1. Электротехнические инструменты должны обладать надлежащими изолирующими свойствами. Длина открытой металлической части изолированной отвертки и мультиметра должна быть менее 5 мм. Запрещается использовать напильники, металлические рулетки или металлические щетки и т.д.[2].
- 5) Техники должны быть одеты в соответствии с требованиями и носить защитные устройства. Они должны носить диэлектрические перчатки, защитные каски и плотную спецодежду из хлопчатобумажной ткани с длинными рукавами. Исходя из характера и содержания работ, чтобы предотвратить получение ожогов, техники также могут носить защитные каски и очки с лицевыми щитками.

6) Для работы на высоте должны использоваться страховочные ремни. Страховка подвешивается на безопасные компоненты. Запрещается подвешивать страховку ниже позиции проведения работ. Страховочные ремни не должны подвешиваться на подвижных или незакрепленных объектах. Изолирующая лестница, используемая для работ на высоте, должна иметь приспособления против скольжения. Отметка ограничения высоты выставляется на позиции при удалении от верха лестницы на 1 м. Руки электромонтеров не должны находиться на уровне выше 20 см от верхней перекладины лестницы. Должен быть выделен конкретный человек, который бы держал лестницу и тщательно следил за работой. Запрещается использовать неизолирующие лестницы.

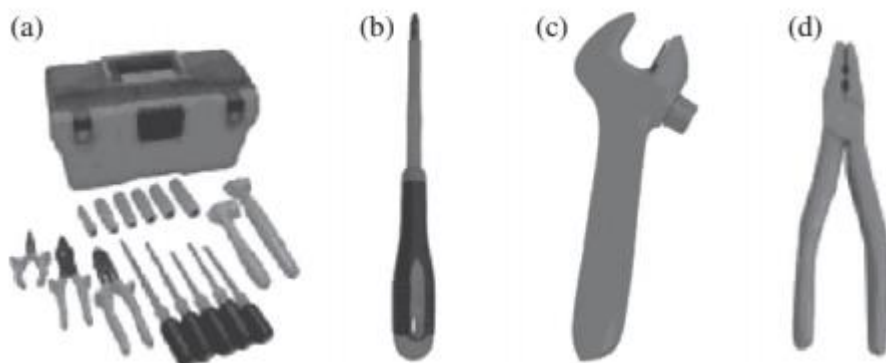


Рис. 8.1. Инструменты для работ на сетях под низким напряжением. а) набор инструментов; б) изолированная отвертка; (с) изолированный ключ; (d) изолирующие клещи

7) Перед началом работ на сети под напряжением необходимо прежде всего отсоединить автомат защиты (разъединяющий переключатель) и отключить нагрузку. Запрещено выполнять разъединение или подсоединение проводов под нагрузкой.

8) Запрещается производство работ на сетях под напряжением, если на рабочей площадке будет иметь место одно из следующих обстоятельств.

- 1) Дождливая погода.
- 2) Бетонная опора (например, мачта распределительного трансформатора) серьезно повреждена или питающие провода сточены.
- 3) Пользовательские переключатели (разъединяющие переключатели) не в открытом положении.
- 4) На опоре множество пар проводов абонентской линии, и провода серьезно повреждены.
- 5) Клеммы распределительной коробки (шкафа) или зажимные винты электросчетчика сожжены, либо его входящие или выходящие провода серьезно повреждены.
- 6) В распределительной коробке (шкафу) или встроенному счетчику не хватает рабочего пространства.

8.1.2 Технические приемы

1) Техники должны стоять на сухих изолированных объектах и использовать электротехнические инструменты во избежание междофазного короткого замыкания или поражения электрическим током.

2) Прежде чем взобраться на опору, необходимо проверить, ее фундамент на прочность. Техники не должны пересекать находящихся под напряжением неизолированных проводов. Взобравшись на опору, монтеры должны выбрать подходящую позицию для работы таким образом, чтобы защитные каски не касались и не находились под ВЛ.

3) Перед началом работ монтеры должны встать на рабочую позицию и определить, какой провод является нулевым (нейтральным), а какой – фазным (под напряжением). Работа должна осуществляться пофазно. Порядок соединения основан на принципе «ноль-фаза», отсоединяются провода в обратном порядке. Запрещается осуществлять работу с двумя фазами одновременно или касаться двух проводов одновременно. При контакте с одним проводом никому из монтеров не разрешается касаться других проводов или заземляющих компонентов.

4) Техники должны различать сети низкого и высокого напряжения, находящиеся под напряжением и поддерживать подходящее расстояние для безопасной работы. Если сети низкого

и высокого напряжения проложены в одной и той же опоре, то для производства работ с сетью малого напряжения, находящейся под напряжением, важно заранее проверить, соответствует ли расстояние от линии высокого напряжения безопасной дистанции для работы с линией под напряжением. Кроме того, следует принять соответствующие меры для предотвращения случайного соприкосновения с оборудованием высокого напряжения, находящимся под напряжением. Запрещается использовать электроскоп низкого напряжения и электротехнические инструменты низкого напряжения для обнаружения электрических разрядов или производства работ на сетях высокого напряжения и оборудовании, находящихся под напряжением.

5) Так как межфазное расстояние низкого напряжения мало, следует принять меры по развязке изоляции, чтобы предотвратить междофазное короткое замыкание и однофазное заземление во время работы. Для производства работ на находящихся под напряжением сетях в распределительной коробке (шкафу) можно использовать защитное покрытие из оцинкованной стали и изолированные зажимы, чтобы разделить изоляцию по фазам и между фазой и заземлением.

6) Отсоединенные клеммы провода должны быть временно обернуты изолянтной и покрыты изолирующей втулкой с пофазной цветовой маркировкой, чтобы обеспечить сохранение оригинальной последовательности фаз и предотвратить междофазное короткое замыкание и соприкосновение с корпусом распределительной коробки (шкафа), вызывающее короткое замыкание на землю.

7) Важно обнаруживать электрические разряды внутри распределительной коробки (шкафа) до соприкосновения с металлической распределительной коробкой (шкафом). Удостоверившись в отсутствии разницы потенциалов (напряжения) между распределительной коробкой (шкафом) и землей, техники могут касаться распределительной коробки (шкафа). При обнаружении электрических разрядов или открытии дверцы распределительной коробки (шкафа), техник должен взяться за нее правой рукой, повернуться лицом к задней стороне дверцы распределительной коробки (шкафа), и двигаться синхронно с ее открытием, что не даст технику пострадать от возможного короткого замыкания аномальной дуги как если бы техник непосредственно стоял лицом к распределительной коробке (шкафу).

8.2 Средства и методы производства работ

8.2.1 Соединение под напряжением провода низкого напряжения абонентской линии

1) Перед началом ведения работ применить соответствующий список задач или (или наряд-заказ), а также проверить инструменты и материалы.

2) Исследуйте рабочую площадку, проверьте, удовлетворяет ли она условиям для работы с сетями, находящимися под напряжением и определите, какие меры необходимо принять. Назначьте рабочие задания и опишите меры предосторожности на площадке.

3) Проверить инвентарный номер абонентского счетчика (электрического) по списку задач.

4) Подняться на подходящую позицию и пристегнуть предохранительный пояс. Рабочая позиция должна считаться подходящей, если защитная каска не соприкасается с ВЛ и не проходит под ней, а техник может беспрепятственно и с сохранением подвижности работать руками. Воспользовавшись мультиметром, проверьте траверсу и убедитесь, что между траверсой и землей нет разницы потенциалов (напряжения), а затем привяжите трос к основному компоненту. Используйте специальный трос для перевода абонентской линии. Ослабьте трос и поместите абонентскую линию на натяжном изоляторе (более известен как «катушка») траверсы абонентской линии. Привяжите абонентскую линию вязальной проволокой, как показано на рис. 8.2(a). Длина привязки зависит от сечения провода. Необходимо оставить подходящую длину для использования в качестве подводящего провода (для подключения провода ВЛ).

5) Закрепить подводящий провод к проводу ВЛ в подходящей позиции. Подводящий провод должен сгибаться выше провода ВЛ по всей его длине и быть защищен от просачивания воды, чтобы предотвратить счетчик от ее попадания в местах соединений по всей длине сердечника провода (это может вызвать короткое замыкание электросчетчика и сжечь его).

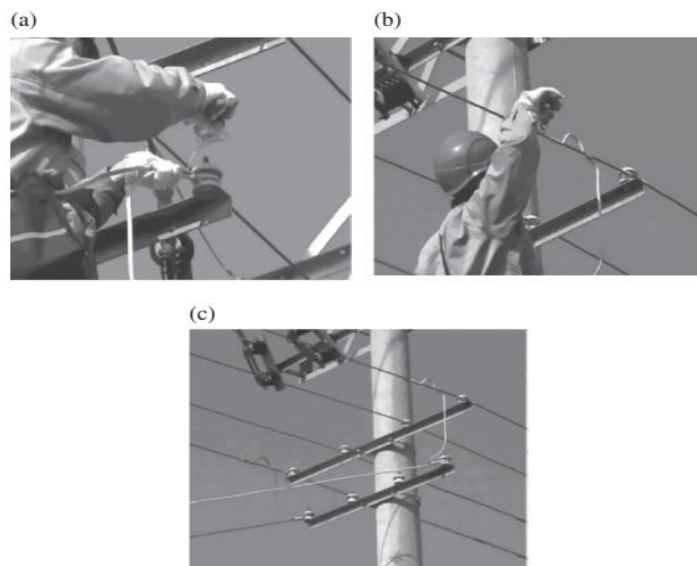


Рис. 8.2 Соединение под напряжением провода низкого напряжения абонентской линии. (а) закрепление провода к линии; (b) подсоединение провода абонентской линии; (с) однофазный провод абонентской линии после соединения.

б) Используйте специальный изолированный электронож для снятия изолирующего слоя с соединения между подводящим проводом и проводом ВЛ (этот шаг можно пропустить, если провод не изолирован). Затем используйте любую из множества жил сердечников подводящих проводов и скрутите его в кольцо, чтобы временно скрепить друг с другом подводящий провод и провод ВЛ. После этого используйте вязальную проволоку для связывания подводящего провода с проводом ВЛ, как показано на рис. 8.2(б). Длина привязки зависит от сечения абонентского провода. Порядок соединения основан на принципе «ноль-фаза». После соединения убедитесь, что в проводах и опорах не оставлено никаких объектов, а затем вернитесь на землю, как показано на рис. 8.2(с).

8.2.2 Подключение источника питания для распределительной коробки низкого напряжения

1) Перед началом ведения работ примените соответствующий список задач или (или наряд-заказ), а также проверьте инструменты и материалы.

2) Исследуйте рабочую площадку, проверьте, удовлетворяет ли она условиям для работы с сетями, находящимися под напряжением и определите, какие меры необходимо принять. Назначьте рабочие задания и опишите меры предосторожности на площадке.

3) Проверьте инвентарный номер счетчика абонента (электрического), работающего согласно списку задач.

4) При помощи индикатора напряжения (мультиметра), убедитесь, что между распределительной коробкой и землей нет разницы потенциалов (напряжения), затем отключите размыкающий переключатель со стороны нагрузки, и проверьте, подключена ли последовательность фаз провода. Распределительная коробка низкого напряжения до соединения показана на рис. 8.3(а).

5) Перед соединением проверьте наличие электроразрядов в корпусе абонентской силовой распределительной коробки высокого уровня. Убедившись, что относительно земли нет разницы потенциалов (напряжения), прикоснитесь к распределительной коробке. Проверьте последовательность фаз в источнике питания распределительной коробки. Определите длину провода, входящего в распределительную коробку и зажмите конец провода.

б) При подводе провода к распределительной коробке и его соединении используйте защитное покрытие из оцинкованной стали и изолированные зажимы для междуфазной изоляции, как показано на рис. 8.3(б). Изоляционное покрытие должно быть установлено в соответствии с фазовой последовательностью соединения. Например, подсоединяя нулевой провод, используйте защитное покрытие из оцинкованной стали для покрытия фазы А, фазы В и фазы С и изолируйте медный стержень от близкого контакта с распределительной коробкой. Важно отметить, что изоляция между нулевым проводом и распределительной коробкой, в основном, нужна для предотвращения разницы потенциалов между нулевым проводом и землей из-за сдвига нейтрали, вызванного дисбалансом третьей фазы.

7) Последовательность соединения. Соединение осуществляется пофазно в порядке N (нулевой

провод)→фаза А→фаза В)→фаза С, как показано на рис. 8.3(с), болты нужно затягивать специальным изолированным ключом с постоянным зевом.

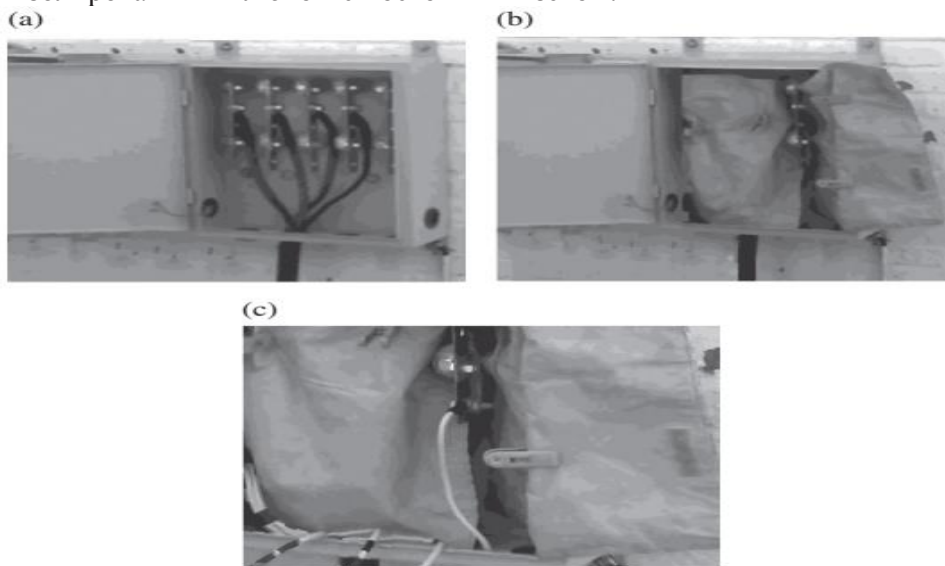


Рис. 8.3 Подключение источника питания к распределительной коробке низкого напряжения. (а) распределительная коробка до соединения; (б) межфазная развязка с помощью изоляции для распределительной коробки низкого напряжения; (с) соединение выходящего провода для распределительной коробки низкого напряжения.

8) После соединения подтвердите, что источник питания подсоединен со стороны абонентского импульсного источника питания. Проверьте и подтвердите правильность подключения проводки, а также то, перенаправляет ли счетчик энергию. В реальном времени проверьте работу счетчика. Очистите прочие объекты в распределительной коробке и снимите изоляционное покрытие. Сразу же закройте дверцу, а затем снимите инструменты с проводов.

8.2.3 Ремонт проводов абонентской линии под напряжением

Ремонт проводов абонентской линии под напряжением обычно производится в экстренных случаях при отказе абонентской линии.

- 1) Перед началом работы проверьте инструменты и материалы.
- 2) Исследуйте рабочую площадку, проверьте, удовлетворяет ли она условиям для работы с сетями, находящимися под напряжением и определите, какие меры необходимо принять. Назначьте рабочие задания и опишите меры предосторожности на площадке.
- 3) Отсоедините автомат защиты (разъединяющий переключатель) и отключите все электронагрузки, подсоединенные к поврежденным проводам абонентской линии.
- 4) Определите нулевой и фазовый провод поврежденного абонентского провода. После этого выберите подходящие технические приемы, зависящие от следующих двух обстоятельств.
 - 1) Если поврежденный абонентский провод относится к фазовым проводам, подсоедините его к позиции около стороны нагрузки у точки повреждения. Последующая работа осуществляется в зависимости от метода соединения находящейся под напряжением линии и абонентского провода низкого напряжения.
 - 2) Если поврежденный абонентский провод относится к нулевым проводам, подсоедините его к позиции около стороны источника питания у точки повреждения, а затем протяните абонентский провод к контакту оборудования к ближайшей нагруженной части для соединения (в основном, это нужно чтобы предотвратить внезапное восстановление обслуживания на стороне нагрузки).
- 5) После ремонта абонентского провода восстановите прерыватель на абонентской стороне, а также нормальное питание.

8.2.4 Замена под напряжением электрического счетчика в трехфазной четырехпроводной сети

8.2.4.1 Замена электрического счетчика, не имеющего трансформатора, в трехфазной четырехпроводной сети под напряжением

- 1) Перед началом выполнения работ примените соответствующий список задач (или наряд-заказ), а также проверьте инструменты и материалы.
- 2) Исследуйте рабочую площадку и проверьте, удовлетворяет ли она условиям для работы с сетями, находящимися под напряжением, а также определите, какие меры необходимо принять. Назначьте рабочие задания и опишите меры предосторожности на площадке.
- 3) Проверьте инвентарный номер счетчика абонента (электрического), работающего согласно списку задач.
- 4) Проверьте электросчетчик на наличие электрических разрядов. Не прикасайтесь к электросчетчику кроме случаев, когда вы используете индикатор напряжения (мультиметр) для проверки на отсутствие разницы потенциалов (напряжения) между счетчиком и землей. Отключите выходной прерыватель или разъединяющий переключатель.
- 5) Откройте дверцу счетчика и проверьте, подходят ли условия для работы с сетями под напряжением, нормально ли работает счетчик и полностью ли он опломбирован (включая поверочную пломбу).
- 6) Проверив последовательность фаз в распределительной коробке электросчетчика, следуйте порядку «фаза А→фаза В→фаза С→N (нулевой провод)» для пофазного отключения проводов, которые идут от источника питания и входят в счетчик, а затем следуйте порядку «фаза А→фаза В→фаза С» для отсоединения идущих от счетчика проводов. Снимите оригинальный счетчик, затем снимите входящие и выходящие провода счетчика, покройте их изолированными втулками с пофазной цветовой маркировкой, чтобы обеспечить сохранение исходной последовательности фаз.
- 7) Проверьте инвентарный номер вновь установленного счетчика абонента (электрического) согласно списку задач. Замените старый счетчик на новый, который должен быть хорошо закреплен. Прежде всего, для пофазного соединения выходящих проводов счетчика с соответствующими клеммами счетчика, следуйте порядку «фаза С→фаза В→фаза А». Затем следуйте порядку «N (нулевой провод) →фаза С→фаза В→фаза А» для пофазного соединения входящих проводов источника питания с соответствующими клеммами счетчика. Металлическая часть соединительной муфты не должна быть оголена.
- 8) После установки проверьте и подтвердите правильность подключения проводки, а также то, имеет ли место самоход счетчика. В реальном времени проверьте работу счетчика. Опломбируйте крышку распределительной коробки и внешнюю дверцу. Запишите показания старого счетчика; абонент должен проверить их и подписать в знак подтверждения.

8.2.4.2 Замена электрического счетчика с трансформатором в трехфазной четырехпроводной сети под напряжением

- 1) Перед началом ведения работ примените соответствующий список задач (или наряд-заказ), а также проверьте инструменты и материалы.
- 2) Исследуйте рабочую площадку и проверьте, удовлетворяет ли она условиям для работы с сетями, находящимися под напряжением, а также определите, какие меры необходимо принять. Назначьте рабочие задания и опишите меры предосторожности на площадке.
- 3) Проверьте инвентарный номер счетчика абонента (электрического), работающего согласно списку задач.
- 4) Проверьте электросчетчик на наличие электрических разрядов. Не прикасайтесь к электросчетчику кроме случаев, когда вы используете индикатор напряжения (мультиметр) для проверки на отсутствие разницы потенциалов (напряжения) между счетчиком и землей. Отключите выходной прерыватель или разъединяющий переключатель.
- 5) Откройте дверцу счетчика и проверьте, подходят ли условия для работы с сетями под напряжением, и корректно ли проведена проводка счетчика. Проверьте, соответствует ли коэффициент трансформации токового трансформатора количеству обмоток на площадке согласно списку задач. Проверьте, не сломан/не перегорел ли токовый трансформатор.

Проверьте, правильно ли работает счетчик и полностью ли он опломбирован (включая поверочную пломбу).

6) Проверьте последовательность фаз в распределительной коробке электросчетчика. Сначала снимите соединительные провода между общим проводом и клеммой N (нейтральный провод). Затем следуйте порядку «фаза А→фаза В→фаза С→фаза N» чтобы снять цепь напряжения. Затем следуйте порядку «фаза А К1→фаза В К1→фаза С К1→общий провод К2» (токовая цепь использует четырехпроводную систему) для отсоединения соединительных проводов, идущих между токовым трансформатором и счетчиком. Снимите оригинальный счетчик. В ходе снятия (токовая цепь) покройте их изолированными втулками с пофазной цветовой маркировкой. Общий провод К2 можно не покрывать.

7) Проверьте инвентарный номер вновь установленного счетчика абонента (электрического) согласно списку задач. Замените старый счетчик на новый, который должен быть хорошо закреплен. Прежде всего, следуйте порядку «общий провод К2→ фаза С К1→фаза В К1→фаза А К1» для пофазного соединения соединительных проводов от токового трансформатора и счетчика до соответствующих клемм (токовая цепь). Затем следуйте порядку «фаза А→фаза В→фаза С→фаза N» Прежде всего, для пофазного соединения выходящих проводов счетчика с соответствующими клеммами счетчика, следуйте порядку «N (нулевой провод)→фаза С→фаза В→фаза А» для пофазного соединения проводов напряжения с соответствующими клеммами (цепь напряжения) счетчика. И наконец, подсоедините общий провод к клемме нулевого провода, чтобы предотвратить соединение или случайное соприкосновение с токовой цепью, что может вызвать короткое замыкание. Провода должны быть упорядочены и прочно соединены с соответствующими клеммами. Металлическая часть соединительной муфты не должна быть оголена.

8) После установки проверьте и подтвердите правильность подключения проводки, а также то, перенаправляет ли счетчик энергию. В реальном времени проверьте работу счетчика. Опломбируйте крышку распределительной коробки и внешнюю дверцу. Запишите показания старого счетчика; абонент должен проверить их и подписать в знак подтверждения.

8.2.5 Отсечение под напряжением вышедшего из строя электрического счетчика

1) Проверьте, что счетчик не перегорел, а абонентские нагрузки отключены. Определите, может ли осуществляться работа на сетях под напряжением.

2) Если обнаружено однофазное и трехфазное перегорание, важно убедиться в том, что внутренний абонентский прерыватель отключен.

3) Техник должен разместиться на опоре в нужную позицию, а затем поработать над устранением неисправности в точках поломки. В процессе работы, прежде всего, необходимо отключить фазовый провод, а затем – нулевой. Для предотвращения междуфазного короткого замыкания запрещается одновременно отсекать фазовый и нулевой провод. После снятия абонентского источника питания в распределительной коробке проверьте, что цепь силовой части абонентского прерывателя обесточена, а в распределительной коробке нет других объектов. Снимите изоляционное покрытие и сразу же закройте дверцу распределительной коробки, а затем снимите инструменты с проводов.

Литература

1. Li Tianyou. Distribution Lines[M]. Beijing: China Power Press. 2006.
2. Li Tianyou, Lin Qiujin. Practical Skills in MV-LV Distribution Networks[M]. Beijing: China Power Press, 2012.

Работы на обходных линиях и передвижных установках

Работы по техническому обслуживанию распределительных сетей являются сложными, и многие работы, такие как замена распределительных трансформаторов (для увеличения мощности), перемещение опор и линий или смена проводов, не могут быть выполнены на линиях под напряжением. Тем не менее, возможна реализация без перерыва подачи электроэнергии потребителю, отделяя обслуживаемые линии и оборудование от электросетей и продолжая снабжать потребителей электроэнергией через альтернативные обходные линии или мобильное питание в независимой сети. Эта глава знакомит с основной концепцией и методом производства работы на обходных линиях, а также с методами непрерывной работы, такими как передвижные генераторы, EPS машины или сборные передвижные трансформаторные установки.

9.1 Основные методы производства работ на обходных линиях

Работа на обходных линиях относится к деятельности, при которой временное токопроводящее обходное оборудование, такое как обходные кабели (линии) или обходные выключатели, заменяют рабочее оборудование (линии, выключатели или трансформаторы), изолируемое для проведения обслуживания и замены обесточенной сети, и затем, после завершения работ и восстановления нормального питания, демонтируются с линии. Этот метод гарантирует непрерывную подачу электроэнергии потребителю во время проведения обслуживания.

Работа на обходных линиях привносит новую концепцию в отношении типовых работ, выполняемых на линии под напряжением и реализует «работу при непрерывном обслуживании», эффективно комбинируя несколько обычных рабочих операций на линии под напряжением.

Гибкая комбинация «обходных работ» и обычных работ «под напряжением» может в корне изменить ситуацию, при которой традиционные операции на распределительных линиях в основном предполагают выполнение работ с перерывом подачи электропитания, дополняемых работами под напряжением. Кроме того, «обходные работы» также заполняют пустоты традиционных операций «работ под напряжением».

Работа на обходных линиях зачастую используется для перемещения линий под нагрузкой на распределительных линиях низкого и среднего напряжения. Эта работа сложна и требует большей рабочей нагрузки. Данный метод состоит в том, чтобы использовать обходной кабель для обходной операции для замены участка линии, который необходимо переместить, или чтобы проложить новую воздушную линию для выполнения работ на обходных линиях. Затем нужно изолировать, отключить и переместить исходный участок линии. В завершении, нужно подключить участок перемещенной линии к распределительной сети и отключить обходной кабель (или обходную линию) для обеспечения бесперебойного электроснабжения потребителю. [1]

Обходное оборудование имеет различные применения в методах производства работ на обходных линиях в зависимости от различных методов замены. Например, установка и замена выключателей, смонтированных на опорах, и замена подвесных опор на натяжные, представленные в главе 7, являются методами работы с использованием обходных перемычек в качестве байпаса, но являются относительно простыми [2]. В следующем разделе представлены основные методы и этапы замены всей распределительной линии для производства обходных работ.

9.1.1 Проводка обходного кабеля

Этот метод часто используется для перемещения линии под напряжением или замены проводов или замены воздушной линии на кабель. В этих целях, обходной кабель должен быть спроектирован и изготовлен в соответствии с окончательным рабочим планом, и нет необходимости прокладывать новую воздушную линию в качестве обходной, чтобы заменить старую линию. [3]

9.1.1.1 Перемещение линии

1) Состав бригады и распределение работ

Для этой работы требуется один руководитель работ (одновременно выполняющий контроль за выполнением), два техника в изолированной корзине, несколько электромонтеров на опоре и несколько

наземных техников.

2) Рабочие инструменты и материалы

Инструменты и материалы для выполнения проводки обходного кабеля приведены в таблице 9.1. Если подачу электропитания на подвесной опоре следует прервать и заменить опору на натяжную, могут потребоваться дополнительные инструменты в соответствии с методом «перерыв подачи электропитания на подвесной опоре и замена подвесной опоры на натяжную», описание которого приведено в главе 7.

Таблица 9.1 Состав инструментов и материалов для проводки обходного кабеля

Наименование	Кол-во	Наименование	Кол-во
Подъемное устройство с изолированным звеном	1	Изолирующая накладка	2
Изолированный кабельный отсекабель	1	Диэлектрическая каска	2
Изолирующее экранирующее покрытие (провод и траверса)	Несколько	Диэлектрические перчатки	Две пары
Изолирующее покрытие (циновка)	Несколько	Защитные перчатки	Две пары
Изолированные зажимы и кронштейны	Два комплекта	Система связи Интерфон	2
Обходной переключатель	2	Амперметр для измерений без разрыва электрической цепи	1
Обходной кабель	Длина определяется, исходя из условий площадки	Измеритель сопротивления изоляции 2500 В	1
Изолированные канаты линии передачи	2		

3) Этапы производства работ

1) Подготовительные мероприятия.

i) Изучите условия площадки и составьте план работ. Выберите положение подъемного устройства с изолированной корзиной и назначьте задачи техникам.

ii) Установите два обходных переключателя и проложите обходной кабель.

Перед установкой обходные выключатели должны пройти эксплуатационную проверку. После прокладки обходного кабеля используйте измеритель сопротивления изоляции 2500 В, чтобы проверить сопротивление изоляции кабеля и убедиться, что кабель не имеет пробоев. Убедитесь, что с двух сторон наконечника кабеля выходит та же самая жила и сделайте отметки. Организуйте соблюдение надлежащих мер по технике безопасности на площадке.

2) Соединение линии под напряжением обходных перемычек обходных переключателей. Электромониторы в изолированной корзине устанавливают обходные перемычки обходных переключателей, которые находятся на обоих концах линии в порядке «от дальнего к ближнему». Обходные перемычки соответственно установлены на проводах во внешнем участке линии, подлежащей перемещению. После завершения проводки на одной фазе изолирующее покрытие на стыке между обходной перемычкой и проводом должно быть восстановлено, чтобы завершить установку обходного оборудования.

3) Параллельная работа с обходным кабелем. Убедившись в правильности положения линейного кабеля, закройте обходные переключатели с обеих сторон, как показано на рис. 9.1 (а). Используйте амперметр с зажимом, чтобы измерить силу тока в обходных перемычках и

проверить нормальный поток тока.

4) Операция замещения обходного кабеля. После подтверждения наличия нагрузки на обходном кабеле, электромониторы в изолированной корзине соответственно разрывают обходные переключатели перемещаемой линии в порядке «от ближнего к дальнему». Во время разрыва должны быть предприняты соответствующие меры, чтобы разорванные концы обходных переключателей не перекидывались через другие компоненты под напряжением или заземленные участки. После разрыва сразу же накройте, заизолировав линейные компоненты, как показано на рис. 9.1 (b).

5) Наземные техники перемещают обесточенную линию.

6) Параллельно выполняется работа на новой линии. Соедините два края перемещенной линии с исходной линией под напряжением соответственно. Проверьте и подтвердите, что соединение выполнено, и поток тока нормальный.

7) Отключение обходного кабеля. Отсоедините обходные переключатели с обеих сторон и отсоедините соединение между обходными переключателями и обходным кабелем. Уберите обходной кабель.

На рис. 9.1 показано изменение проводки в течение всего рабочего процесса с использованием обходного кабеля.

4) Выполняемые рабочие операции на линиях под напряжением

1) Установка опор под напряжением. Если работы выполняются с натяжными оконечными опорами, подключите обходной кабель и затем уберите линию без нагрузки на этом участке натяжения. Если на линии уже имеется натяжная оконечная опора, этот шаг пропускается.

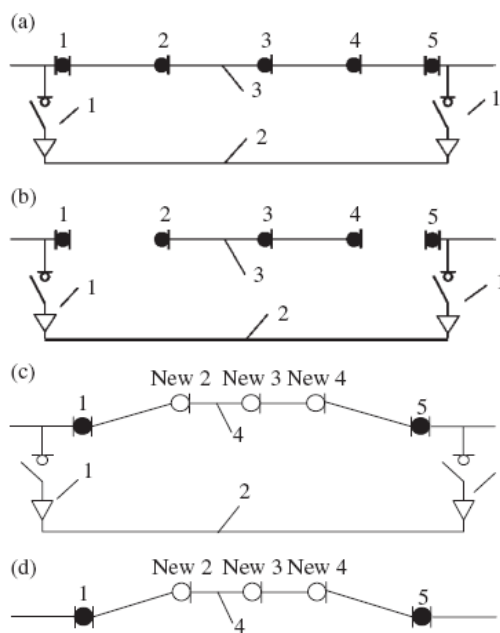


Рис. 9.1 Схема изменения проводки при работе методом обходного кабеля. (a) параллельный обход; (b) обходная операция замещения; (c) новая линия параллельной работы; (d) обход отключен 1 - обходные выключатели; 2 - обходной кабель; 3 - изначальная линия; 4 - новая линия после перемещения.

(New- новая линия)

2) Соединение под напряжением обходных переключателей без нагрузки. Этот метод используется в двух видах работ.

i) Одним из видов является соединение линии обходных переключателей обходных переключателей. После этого используйте обходные переключатели с обеих сторон для переключения и параллельной работы.

ii) Другим видом является «подключение к электросети под напряжением» для параллельной работы новой линии.

3) Снятие линии под напряжением обходных переключателей без нагрузки. Этот метод

используется в двух видах работ.

- i) Одним из видов - это удаление обходных перемычек с обеих сторон участка линии, который должен быть обесточен для технического обслуживания, и замена их на обходной кабель.
 - ii) Другим видом является снятие с обводной линии обходных перемычек обходных переключателей, чтобы отсоединить обходной кабель.
- Вышеуказанные шаги подробно описаны во Главе 7.

9.1.1.2 Замена провода

Метод обходного кабеля также можно использовать для замены проводов. Как показано на рис. 9.2, замените провода на опорах 1–5. Основные рабочие шаги заключаются в следующем.

- 1) Установите обходные переключатели с обеих сторон, проложите и проверьте обходной кабель. Проверьте положение фазы с двух сторон и сделайте отметки. Организовать меры безопасности на месте.
- 2) Соединение линии под напряжением обходных перемычек обходных переключателей. Рабочие в изолирующем ковше устанавливают обходные перемычки обходных переключателей, которые находятся на обоих концах линии, в соответствии с порядком «ближний и дальний». Трехфазные обходные перемычки соответственно устанавливаются на проводах во внешней части линии, подлежащей перемещению. После завершения установки на одной фазе изолирующее покрытие на стыке между перепускной перемычкой и проводом должна быть восстановлена, чтобы завершить установку обходного оборудования.
- 3) Параллельная работа с обходным кабелем. Убедившись в правильности положения фазы, закройте обходные переключатели с обеих сторон. Используйте зажимной амперметр для измерения тока в перепускных перемычках и проверки нормального тока.
- 4) Работа по замене обходного кабеля. После подтверждения того, что нагрузка передается на обходной кабель, рабочие в изолирующем ковше, соответственно, ломают обходные перемычки переставляемой линии в соответствии с ближним или дальним порядком.

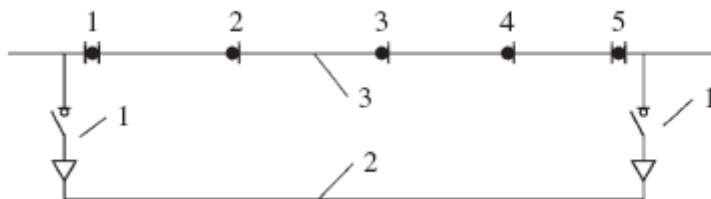


Рис. 9.2 Схема замены проводов методом обходного кабеля.

1 - обходные выключатели; 2 - обходной кабель; 3 - линия, на которой должны быть заменены провода.

Во время процесса раздробления должны быть предприняты соответствующие меры для предотвращения перекрытия сломанных концов перепускных перемычек над другими частями под напряжением или заземленными частями. После разрушения немедленно закройте и изолируйте токоведущие части. Таким образом, линия, подлежащая перемещению, переносится на вновь проложенную линию, а исходная линия изолируется и обесточивается.

- 5) Изменение и преобразование обесточенной линии.
- 6) Параллельная работа с преобразованной новой линией. Подключите два конца перемещенной линии к линии под напряжением, соответственно. Проверьте и подтвердите, что соединение в порядке и ток нормальный.
- 7) Прекращение обходных работ. Отсоедините обходные переключатели с обеих сторон и отсоедините соединение между обходными переключателями и обходным кабелем. Уберите обходной кабель.

9.1.1.3 Меры предосторожности

- 1) Установка обходных переключателей обходного кабеля. Обходные переключатели используются для ввода в эксплуатацию обходного кабеля и после установки находятся в положении «открыто».

- 2) Обходной кабель соединен с обходными переключателями. Важно проверить и подтвердить правильность положения фазы.
- 3) Ввод в эксплуатацию обходного кабеля. Замкните обходной переключатель на одной стороне обходного кабеля и проверьте положение фазы на другой стороне. После подтверждения правильности положения фазы закройте другой обходной переключатель, чтобы разрешить параллельную работу с обходным кабелем.
- 4) Работы, в которых не используется метод прямой линии, должны выполняться при условии соблюдения достаточного безопасного расстояния. В противном случае следует принять меры по изоляции или использовать рабочий метод прерывания обслуживания.
- 5) Этапы работ должны выполняться в строгом соответствии с рабочими процедурами и технологическими требованиями.

9.1.2 Методы производства работ на обходных воздушных линиях

Этот метод часто используется для перемещения линий под напряжением опор и линий. Его преимущество заключается в использовании перемещенной новой линии, проложенной в качестве обходной, без прокладки обходного кабеля. [4]

Таблица 9.1 Состав инструментов и материалов для проводки обходной воздушной линии

Наименование	Кол-во	Наименование	Кол-во
Подъемное устройство с изолированным звеном	1	Изолирующая накладка	2
Изолированный кабельный отсекаль	1	Диэлектрическая каска	2
Изолирующее экранирующее покрытие (провод и траверса)	Несколько	Диэлектрические перчатки	Две пары
Изолирующее покрытие (циновка)	Несколько	Защитные перчатки	Две пары
Изолированные зажимы и кронштейны	Два комплекта	Система связи Интерфон	2
Обходной переключатель	2	Амперметр для измерений без разрыва электрической цепи	1
Обходная воздушная линия	Проложить заранее по мере необходимости	Измеритель сопротивления изоляции 2500 В	1
Изолированные канаты линии передачи	2		

- 1) Состав бригады и распределение труда.

Для этой работы требуется один руководитель (одновременно выполняющий функции руководителя работ), два техника в изоляционном ковше, несколько рабочих на опоре и несколько наземных техников.

- 2) Рабочие инструменты и материалы

Инструменты и материалы для метода обходного кабеля указаны в Таблице 9.2

Если подвесную опору необходимо прервать и заменить на натяжную опору, могут потребоваться дополнительные инструменты в соответствии с методом «прерывания подвесной опоры и замены на натяжную опору» в главе 7.

- 3) Основные этапы работы

- 1) Выполните надлежащие меры предосторожности перед началом работ.

- i) Изучите полевые условия и сформулируйте рабочий план. Выберите положение подъемного устройства с изолированной корзиной и назначьте задачи для рабочих.

ii) Проложите обходную линию и обходной выключатель. Проверьте последовательность фаз с двух сторон и сделайте отметки. Организуйте меры безопасности на месте.

2) Соединение линии под напряжением обходных перемычек обходного переключателя (и линии). Рабочие в изолирующем ковше устанавливают трехфазные обходные перемычки обходного переключателя (и линии) на стороне источника питания линии в соответствии с порядком «ближний и дальний». Трехфазные обходные перемычки соответственно устанавливаются на проводах во внешней части линии, подлежащей перемещению. После завершения установки на одной фазе изолирующее покрытие на стыке между перепускной перемычкой и проводом должна быть восстановлена, чтобы завершить установку обходного оборудования.

3) Параллельная работа с обходной линией. Убедившись в правильности положения фазы, закройте обходной переключатель. С помощью зажимного амперметра измерьте ток в трехфазных перемычках, проверьте, нормальна ли подача тока, как показано на рис. 9.3 (а).

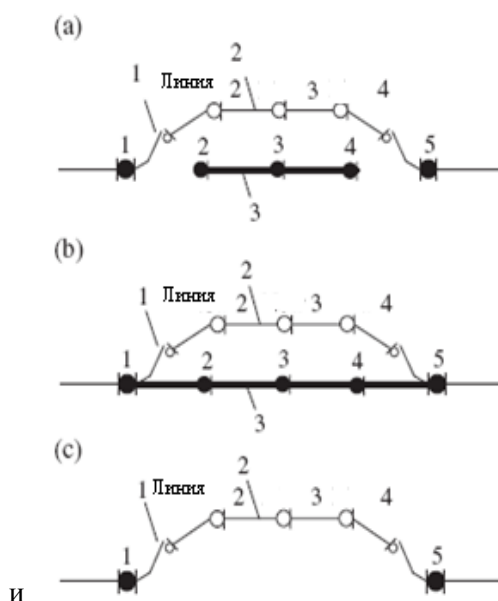


Рис. 9.3 Схема изменения проводки для метода обходной воздушной линии. (а) параллельная работа с обходной линией; (б) операция замещения обходной линии; (с) удаление старой линии и установка обходной выключатель; 2 - обходная линия (новая линия); 3 - исходная линия (подлежит удалению). (New-новая линия)

4) Работа по замене обходной линии. После подтверждения того, что нагрузка передана на обходную линию, электромонтеры в изолированной корзине, соответственно, ломают перемычки обходной линии, которая должна быть перемещена, в соответствии с ближним или дальним порядком. Во время раздробления должны быть предприняты соответствующие меры для предотвращения перекрытия сломанных концов перепускных перемычек над другими частями под напряжением или заземленными частями. После разрушения немедленно закройте и изолируйте токоведущие части. Таким образом, перемещаемая линия переносится на вновь проложенную линию, а исходная линия изолируется и обесточивается, как показано на рис. 9.3 (б).

5) Извлекают старую линию.

На рис. 9.3 показано изменение проводки в течение всего рабочего процесса методом обходной воздушной линии.

4) Включенные рабочие операции на линиях под напряжением

1) Установка линии под напряжением на опоре. Для натяжной опоры под напряжением подключите новую линию. Если в линейной структуре имеется натяжная опора, этот шаг

пропускается.

2) Соединение под напряжением без перемычек без нагрузки. Этот метод используется в двух видах работ.

i) Один из видов - это соединение линии под напряжением с помощью обходных перемычек обходного переключателя. После этого используйте установленный обходной переключатель для переключения и параллельной работы.

ii) Другим видом является «подключение к электросети под напряжением» для параллельной работы новой линии.

3) Снятие линии без перемычек без нагрузки. Снимите обходные перемычки с обеих сторон отрезка линии, которые должны быть обесточены для технического обслуживания, и замените их обходной линией. Вышеуказанные шаги подробно описаны в Главе 7.

5) Меры предосторожности

1) Установите обходной переключатель обходной линии. Обходной переключатель используется для ввода в эксплуатацию обходной линии и поддерживается в положении «Открыто» после установки.

2) Обходная линия соединяется с обходным переключателем. Важно проверить и подтвердить правильность положения фазы.

3) Ввод в эксплуатацию обходной линии. После подтверждения правильности положения фазы закройте обходной переключатель, чтобы разрешить параллельную работу с обходной линией.

4) Работы, в которых не используется метод прямой линии, должны выполняться при условии соблюдения достаточного безопасного расстояния. Если условие не может быть выполнено или невозможно выполнить работу под напряжением, следует принять меры по изоляции или использовать метод обработки прерывания обслуживания.

5) Рабочие этапы должны выполняться в строгом соответствии с рабочими процедурами и технологическими требованиями.

9.1.3 Мероприятия по технике безопасности для работ на обходных линиях

1) Должен соблюдаться порядок выполнения работ на линиях под напряжением. Необходимо отключить систему повторного включения линии.

2) Должен быть назначен опытный начальник (главный руководитель). Защитные ограждения должны быть использованы для ограждения рабочей площадки, чтобы предотвратить доступ пешеходов и транспортных средств.

3) Если обходная работа выполняется несколькими группами, имеющими подзадачи, руководитель (главный) должен дать разрешения лицам, выполняющим подзадачи в соответствии с рабочими этапами. Все меры безопасности, перечисленные в рабочих заданиях (подзадачах), должны строго соблюдаться. Рабочие этапы и количество рабочих порядков не могут быть выполнены, если они не одобрены руководителем работ (главным). Лица, имеющие подзадачи (группы), должны отчитываться перед рабочим (главным) руководителем по завершении каждой операции. После того, как все работы будут завершены, руководитель работ (главный) должен доложить диспетчеру.

4) Шаги в рабочих инструкциях должны строго соблюдаться. Порядок работы должен использоваться для работы переключения.

5) Перед началом работы необходимо определить нагрузку (ток) рабочей линии, чтобы проверить нагрузочную способность обходной линии (кабеля).

6) При прокладке воздушного обходного кабеля расстояние от земли должно быть не менее 4 м (или не менее 6 м, когда кабель проходит по дороге). Если кабель временно проложен на земле, следует принять защитные меры для предотвращения любого повреждения из-за внешних воздействий. Части кабеля с обеих сторон соединения должны быть усилены изолирующими канатами, чтобы предотвратить перемещение или падение кабеля из-за внешних воздействий. Провод заземления экранирующего кабеля, обходной выключатель и корпус мобильного сборного трансформатора должны быть надежно заземлены.

7) Перед вводом в эксплуатацию обходной линии (кабель и переключатель) следует выполнить электрически-гнвовое испытания в соответствии с применимыми требованиями, а обходную линию (кабель и переключатель) следует проверить на приемлемость. Перед установкой обходной

переключатель должен пройти проверку при вводе в эксплуатацию. После прокладки обходного кабеля измеритель сопротивления изоляции 2500 В используется для проверки сопротивления изоляции кабеля, и кабель не должен иметь дефектов. Необходимо убедиться, что две стороны кабельной головки имеют одинаковую жилу и сделать отметки. Важно убедиться в правильности положения фазы, прежде чем разрешить параллельную работу с обходной линией (кабелем).

8) Прежде чем ослаблять провода на натяжной опоре, которая используется для замены проводов, должны быть проложены провода временного удержания, а натяжная опора должна контролироваться более тщательно, чтобы сохранить безопасное расстояние от линий под напряжением и предотвратить соприкосновение с проводами под напряжением. Катушка с проволокой и оборудование для вытяжки проводов должны быть надежно заземлены.

9) Обходной кабель должен быть разряжен и заземлен перед удалением, чтобы емкостный ток не причинил вреда техникам.

9.2 Методы производства работ с применением передвижной генераторной установки

Для выполнения прерывания, не связанного с обслуживанием, с помощью передвижной генераторной установки, как правило, необходимо завершить соединение, не требующее обслуживания, в соответствии с предварительно разработанной проводкой, переключить нагрузки на источник питания с помощью генераторной установки посредством операции переключения, и отделить линию или оборудование, которое будет обслуживаться из распределительной сети. По окончании работы нагрузки переключаются обратно на нормальное электропитание от электросети. При использовании этого метода временем прерывания клиентов от снабжения является только время переключения. Передвижная генераторная установка обычно работает на дизельном топливе или природном газе и обеспечивает непрерывное электроснабжение от 6 до 8 часов. Передвижные генераторные установки широко используются для обеспечения гарантий электроснабжения или временного электроснабжения во всех видах аварийных ситуаций, связанных с электроэнергией, и эффективно повышают надежность электроснабжения.

9.2.1 Принцип действия и подключение

Передвижная генераторная установка состоит из шасси, дизель-генераторная часть (работающей на дизельном топливе), шкафа управления распределением мощности и вспомогательных кабелей. Его внешний вид показан на рис. 9.4. Весь блок обычно состоит из дизельного двигателя, генератора, распределительного шкафа, топливного бака, аккумуляторных батарей для запуска и управления, защитного устройства и распределительного шкафа. Весь блок может быть закреплен на фундаменте или установлен на прицеп для мобильного использования.

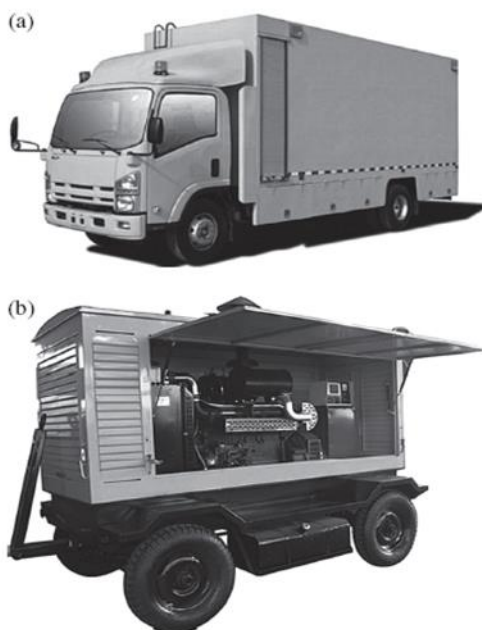
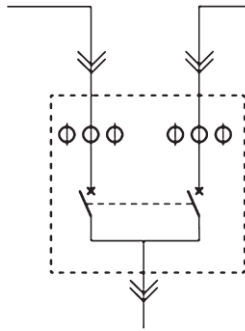


Рис. 9.4 Внешний вид передвижного генератора. (а) на транспортном средстве; (б) тип прицепа.

(a)

Источник электричества



Передвижной электрогенератор

Два автоматических выключателя энергии

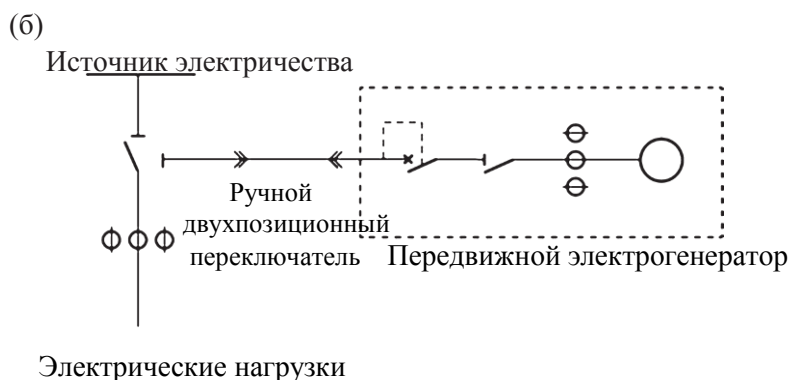


Рис. 9.5 Схема подключения передвижной генераторной установки. (а) автоматическое переключение; (б) ручное переключение.

Генерирующая мощность выбирается в зависимости от нагрузки, которая должна быть поставлена, и следует учитывать определенный запас. Генерационная мощность обычно составляет 100, 250 и 400 кВт. Общий способ подключения показан на рис. 9.5. На рис. 9.5 (а) показано автоматическое переключение с помощью автоматического выключателя с временем переключения всего 20–30 мс. На рис. 9.5 (б) показано ручное переключение с временем переключения, равным времени ручного управления, которое обычно составляет несколько секунд.

9.2.2 Работа передвижного генератора

1) Подготовка перед выработкой электроэнергии

- 1) Припаркуйте передвижную генераторную установку в правильном положении. Противопожарное расстояние между оборудованием передвижного генератора (особенно вблизи газоотводного трубопровода) и другими соседними объектами должно быть распределено. Опустите гидравлические опорные ножки, чтобы сохранить равновесие кузова передвижного средства.
- 2) Содержите в чистоте внутри передвижного средства. Откройте дверцу кабельного барабана, впускное и выпускное отверстия для воздуха в задней части передвижного средства, чтобы обеспечить циркуляцию воздуха и плавное удаление дыма.
- 3) Проверьте моторное масло генераторного агрегата (уровень моторного масла должен находиться между отметками масляной шкалы).
- 4) Проверьте напряжение аккумулятора. Зарядка требуется, если напряжение ниже 24 В.
- 5) Проверьте указатель уровня топлива. Определите, достаточно ли дизельного топлива.
- 6) Проверьте охлаждающую жидкость в резервуаре для воды.
- 7) Проверьте, ослаблены ли все разъемы.
- 8) Проверьте систему передачи энергии и чередование фаз передвижного генератора. Отключите выключатель выходной мощности генератора и выключатель цепи мощности кабельного барабана. Проверьте кабельный подъемник и сделайте необходимые приготовления перед прокладкой кабелей.

2) Запуск генераторного блока

- 1) Установите переключатель управления на панели управления генераторного блока в положение «РАБОТА». Если холодно, проведите прогрев, который не должен длиться более 7–10 с. В случае сбоя при запуске генераторного блока, запустите его снова после полной остановки генераторного блока в течение 10 с, чтобы не повредить аккумуляторную батарею и стартер.
- 2) Проверьте наличие ненормального шума или вибрации. Наблюдайте за условиями работы генераторного блока и значениями, отображаемыми на всех панелях, поворачивая селективный переключатель. В случае любой ненормальной ситуации остановите и снова проверьте генераторного блока.

3) Проверьте напряжение устройства, напряжение аккумулятора, давление масла и частоту. Проверьте, находятся ли значения трехфазного выходного напряжения, манометра масла и частотомера в нормальных диапазонах.

4) После того, как генераторный блок работает в течение 2–3 минут, включите источник питания кабельного подъемника.

5) Запустите двигатель подъема, чтобы уложить кабели в барабане. Сначала подключите клеммы кабелей с одной стороны к клеммам нагрузочного оборудования. Убедившись, что выходные клеммы передвижного генератора обесточены, подключите клеммы другой стороны кабелей к выходным клеммам. Выберите подходящее место, чтобы вставить заземляющий стержень в землю минимум на 60 см. Подключите заземляющий провод. Убедитесь в правильности проводки, чтобы избежать межфазного короткого замыкания или замыкания фазы относительно земли.

3) Включение нагрузки

1) Проверьте нагрузку, кабели и распределительную коробку. Убедившись в правильности всех этих параметров, переведите главный выключатель питания генератора в положение «ВКЛ».

2) Проверьте выходное напряжение. Поверните переключатель выбора фазного напряжения, чтобы увидеть трехфазные напряжения. Дисбаланс фазного напряжения не должен превышать 10%.

3) Проверьте выходной ток. Поверните переключатель выбора фазного тока и наблюдайте за трехфазными токовыми выходами. Несбалансированный ток и максимальный ток нагрузки не должны превышать указанных значений генератора.

4) Проверьте правильность последовательности фаз. Если это не так, выключите нагрузку, исправьте соединение, а затем снова включите нагрузку.

5) Соблюдайте условия эксплуатации генераторного блока и температуру разъемов. В случае ненормальной ситуации отключите нагрузку.

4) Остановка генераторного блока

1) Переведите выключатель питания в положение «ВЫКЛ». Убедившись, что клеммы обесточены, отсоедините кабель от генератора, а затем отсоедините кабель от клеммы нагрузки.

2) Запустите подъемник, чтобы убрать и зафиксировать кабели.

3) Перед остановкой генераторной установки проведите работу на холостом ходу в течение 2-3 минут. Затем установите переключатель управления на панели управления в положение «СТОП». Остановить генераторный блок.

4) После проверки, что все в порядке, закройте впуск и выпуск воздуха и уберите гидравлические опорные ножки.

5) Меры предосторожности

1) Передвижная генераторная установка должна иметь наименование и идентификатор устройства. Номер лицензии передвижной генераторной установки может использоваться в качестве номера устройства, или при необходимости может быть указана временная идентификация. Электрические цепи и устройства должны быть названы и пронумерованы в соответствии с требованиями к оборудованию низкого напряжения. Идентификационные указания должны быть выставлены на месте. Операционное помещение должно быть снабжено принципиальной электрической схемой электропроводки. Выходные клеммы А, В, С и N передвижного генератора должны иметь соответствующие обозначения.

2) Ограждения должны быть установлены в рабочей зоне передвижного генератора.

3) Корпус передвижного генератора должен быть заземлен. Провод заземления должен быть вытаснен из переносного кабельного барабана. Один конец провода заземления соединен с клеммой заземления, указанной в кузове транспортного средства, тогда как другой конец прикреплен к штоку заземления. Заземляющий стержень должен быть помещен во влажную почву, а подземная часть должна быть не менее 60 см. Заземляющее соединение должно быть плотным и прочным. После завершения подачи питания, удалите соединения с кузовом передвижного средства, а затем отсоедините заземляющий стержень и провод заземления.

4) Дежурство во время работы. Во время выработки электроэнергии генераторным блоком

в диспетчерской должны быть заняты, по меньшей мере, два человека, которые отвечают за мониторинг условий эксплуатации генераторного блока и проверку кабелей и соединительных клемм на предмет ситуаций перегрузки или перегрева.

б) Ежедневное обслуживание

- 1) Выполните плановую проверку до и после использования.
- 2) Проводите визуальный осмотр внешнего вида генерирующего блока один раз в месяц.
- 3) Ежемесячно проводить эксплуатационную проверку энергоблока. Запустите генератор и дайте ему поработать 5 минут. Соблюдайте условия эксплуатации генерирующего блока, чтобы проверить, являются ли трехфазное напряжение, давление масла, напряжение постоянного тока и частота нормальными.
- 4) Поддерживайте генератор, который работает с перебоями. См. Таблицу 9.3 для пунктов и циклов технического обслуживания генераторной установки с годовым рабочим временем менее 400 часов.
- 5) В дополнение к перечисленным в таблице 9.3 требуются следующие пункты обслуживания.
 - i) Сдренируйте и очистите внутренний и наружный резервуар для отвода тепла, а затем долейте чистую воду и антикоррозионную воду или антифриз.
 - ii) Проверьте турбокомпрессор. При необходимости техническое обслуживание должно выполняться профессионалами.
 - iii) При необходимости проверьте и подтвердите, что все детали передвижного генератора работают нормально (техническое обслуживание должно выполняться профессионалами).
 - iv) Проверьте чистоту поверхности промежуточного охладителя и резервуара для отвода тепла и удалите загрязнения.

Таблица 9.3 Элементы и циклы технического обслуживания дизельной генераторной установки с рабочим временем менее 400 часов в год

Предмет технического обслуживания	Периодичность
Проверка объема охлаждающей жидкости	Ежемесячно
Проверка объема смазки	Ежемесячно
Проверка индикатора воздушного фильтра и при необходимости замена	Ежемесячно
Запуск генератора до достижения нормальной температуры использования	Ежемесячно
Слив воды и осадка в первичном дизельном фильтре	Ежемесячно
Проверка всех ремней генераторного блока на наличие повреждений и затяжки	Через 200 часов работы
Проверка удельного веса и значения pH охлаждающей жидкости	Через 200 часов работы
Замена смазки	Через 200 часов работы
Замена главного дизельного фильтра	Через 200 часов работы
Очистка первичного дизельного фильтра	Через 200 часов работы
Проверка затяжки болтов турбокомпрессора	Через 200 часов работы
Проверка времени впрыска масла дизельного	Через 1000 часов работы
Проверка затяжки болтов маховика дизельного насоса высокого давления	Через 1000 часов работы
Проверка и подтверждение, что все форсунки работают нормально и при необходимости замена*	Через 1000 часов работы
Проверка и подтверждение, что все шатуны в норме и при необходимости отрегулировать*	Через 1000 часов работы

* Техническое обслуживание должно выполняться обученным техническим персоналом

9.2.3 Организация подачи электроэнергии через передвижной генератор

1) Состав бригады и распределение труда. Метод подачи электроэнергии с помощью передвижной генераторной установки заключается в использовании транспортируемого генератора в качестве источника энергии, который заменяет трансформатор для подачи питания на линии низкого напряжения в пределах распределительной зоны или потребителей линии. Это своего рода обходной метод работы, который вводит второй источник питания, который обычно служит резервным безопасным источником питания для целей источника питания. Работа передвижной генераторной установки представлена выше. В следующем разделе представлены основные сведения о том, как подключить и снять передвижной генератор, который заменяет трансформатор и подает питание.

Для этой работы требуется четыре техника, в том числе один руководитель работ (одновременно выполняющий функции руководителя работ) и три техника (один на опоре, один наземный техник и один оператор генератора).

2) Рабочие инструменты и материалы

В Таблице 9.4 приведены Состав инструментов и материалов, необходимых для электропитания передвижным генератором.

4) Подготовка перед работой

1) Изучите участок. Изучите состояние распределительного трансформатора и входных и выходных проводов высокого и низкого напряжения, а также их окружение. Определите способ подключения и рабочий план подключения и удаления.

2) Подготовьте план прерывания питания и передачи для передвижного генератора и этапы его эксплуатации. Нарисуйте схему мощности сети проводки и схему электропроводки для передвижного генератора. Отправьте их в соответствующий отдел для утверждения.

3) Изучите технические материалы о распределительном трансформаторе и параметрах высокого и низкого напряжения, таких как емкость, методы подключения высокого и низкого напряжения, проводка системы и режим работы.

4) Изучите нормальные условия нагрузки распределительного трансформатора и выберите передвижной генератор с соответствующей мощностью. Мощность генератора, как правило, в 1,25 раза превышает нагрузку источника питания и выше.

5) Изучите прогноз метеорологических условий на запланированную рабочую дату и определите, соответствуют ли метеорологические условия метеорологическим требованиям для работы.

6) Организуйте персонал на месте для изучения рабочих инструкций и объяснения всех рабочих процедур, рабочих задач, опасных элементов во время работы и мер контроля.

7) Перед отправкой передвижного генератора проверьте, нормально ли работают топливо генератора, моторное масло, охлаждающая вода и аккумуляторная батарея. Выполните тестовую эксплуатацию передвижного генератора и проверьте, правильно ли работает электронная система автоматического обнаружения.

Таблица 9.4 Состав инструментов и материалов, необходимых для питания от передвижного генератора

Наименование	Количество	Наименование	Количество
Передвижная генераторная установка (мощность устанавливается по требованию)	1	Измеритель сопротивления изоляции 2500 В или определитель изоляции	1
Диэлектрические перчатки 10 кВ	Одна пара	Амперметр для измерений	1
Диэлектрические перчатки 0.4 кВ	Две пары	Тестер фазирования низкого напряжения	Одна пара
Изолирующее покрытие 0,4 кВ	6	Электропривод 10 кВ	1
Изолированный канат	2	Электропривод 0,4 кВ	1
Изолирующая штанга		Выходной кабель низкого напряжения	Подходящий для передвижной генераторной установки

4) Этапы производства работ

1) Подготовка перед полевыми работами

- i) Руководитель работ проверяет название линии, количество опор и паспортную табличку оборудования, проверяет линию, трансформатор и другое оборудование на наличие несоответствующих условий.
- ii) Припаркуйте передвижной генератор в правильном положении. Установите надежное заземляющее оборудование. Опустите опорные ножки, чтобы обеспечить сбалансированную поддержку транспорта. Заблокируйте соответствующие устройства и проверьте, нет ли других легковоспламеняющихся и взрывоопасных предметов вокруг генератора. Если есть, удалите их вовремя.
- iii) Установите красно-белые ленты, предупреждающие знаки и ограждения вокруг генераторной установки в соответствии с дорожными условиями.
- iv) Руководитель работ проводит совещание по организации работы на местах, чтобы назначить задачи членам команды на местах, объясняет опасные элементы, проверяет меры безопасности и информирует об опасных элементах.

2) Переключите питание нагрузки с трансформатора на генераторную установку.

- i) Проложите кабель для генератора. После этого используйте измеритель сопротивления изоляции 2500 В, чтобы проверить сопротивление изоляции кабеля и проверить кабель на наличие дефектов. Убедитесь, что две стороны кабельного наконечника имеют одинаковую жилу, и отметьте их.
- ii) Подсоедините кабель передвижного генератора к нагрузке. Следующие два метода могут быть использованы.
 - а) Прерывание связи. Сначала отключите трансформатор. С помощью электрозонда низкого напряжения убедитесь, что на клемме низкого напряжения трансформатора нет напряжения. Подключите провод низкого напряжения заземления короткого замыкания. Подсоедините кабель передвижного генератора к клемме подключения переключающего переключателя. Наконец, удалите провод заземления от короткого замыкания.
 - б) Соединение линии под напряжением. Используйте метод, описанный в Главе 8, для подключения линии под напряжением кабельной линии без нагрузки, чтобы не прерывать обслуживание клиентов.
- iii) Выполняйте соответствующие меры безопасности и проверку средств безопасности перед подачей питания на передвижной генератор. Убедитесь, что последовательность фаз слаботочного кабеля соответствует последовательности фаз выходного провода низкого напряжения трансформатора и соответствует требованиям к источнику питания.
- iv) Передвижной генератор заменяет трансформатор для подачи питания в сеть низкого напряжения. После запуска генерирующего блока и проверки правильности выработки электроэнергии, переключите подачу питания нагрузки с трансформатора на генераторную установку с помощью переключателя.

9.3 Методы производства работ с применением аварийных источников электропитания (EPS)

9.3.1 Принцип действия EPS

1) EPS и UPS

EPS относится к аварийному источнику питания, также известному как резервный источник питания. EPS - это оборудование аварийного питания, которое обеспечивает мгновенное (автоматическое переключение времени подачи питания) прерывание питания. Его система аварийного электроснабжения находится в «спящем» режиме плавающего заряда, когда энергосистема нормально подает питание и подает питание только нагрузкам в аварийном состоянии. EPS в основном предназначен для городского аварийного освещения, средств пожаротушения и важных нагрузок. В частности, он может эффективно заменить блок генерации и служить в качестве второго источника питания, когда имеется только один источник питания (без второго источника питания), или может быть надлежащим образом использован в качестве третьего источника питания. EPS несколько похож на резервный блок бесперебойного питания: UPS, где его инвертор не работает в нормальном рабочем состоянии, а аккумуляторная батарея используется для подачи питания через инвертор только в случае отключения сети электропитания. В EPS используется контактор для автоматического переключения с временем переключения 0,1–0,25 с. EPS может использоваться для индуктивного, емкостного и комплексного оборудования нагрузки, таких как лифты, водяные насосы, вентиляторы, оборудование для автоматизации делопроизводства и аварийное освещение.

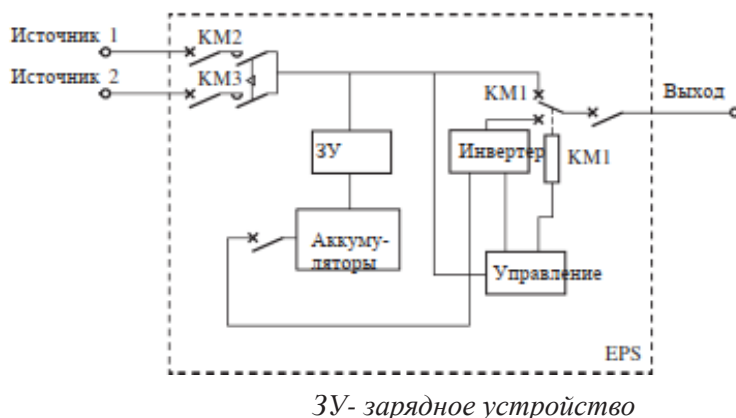
UPS относится к источникам бесперебойного питания. Это источник бесперебойного питания постоянного напряжения, который содержит устройство накопления энергии и инвертор в качестве основного компонента. Его основная роль заключается в надежном и бесперебойном обеспечении электропитания чувствительного электрического оборудования через систему UPS. Когда сеть электропитания работает, UPS обеспечивает стабилизированное напряжение для нагрузок. В этом случае UPS действует как стабилизатор напряжения переменного тока и подает питание на внутреннюю часть накопления энергии. Когда происходит сбой электросети, UPS немедленно подает энергию, накопленную для нагрузок, путем инверсии, чтобы нагрузки могли нормально работать. Для онлайн-UPS, когда сеть электропитания работает нормально, входное напряжение переменного тока из сети электропитания выпрямляется до напряжения постоянного тока, а напряжение постоянного тока преобразуется в мощность переменного тока для нагрузок через инвертор. Когда происходит сбой электросети, батареи подают энергию на инвертор, который всегда находится в рабочем состоянии и обеспечивает бесперебойную работу. UPS отличается чрезвычайно широким диапазоном входного напряжения, коротким временем переключения (всего около 10 мс), стабильным выходным напряжением. UPS особенно подходит для клиентов, которым требуется высокая надежность. Однако стоимость UPS высока. Поэтому UPS в основном используется для обеспечения бесперебойного питания для важных нагрузок и объединяет зарядное устройство, аккумулятор, инвертор и контроллер.



Рис. 9.6 EPS машина.

На рис. 9.7 показан принцип его работы. Его напряжение составляет 380/220 В, а мощность выбирается в зависимости от нагрузки и должен быть установлен определенный запас. Система EPS в основном состоит из выпрямительного зарядного устройства, аккумуляторной батареи, инвертора, переключателя передачи, компонентов ввода и вывода, устройства контроля батареи, системы управления, дисплея состояния и панели управления. Выпрямляющее зарядное устройство используется для зарядки аккумуляторной батареи во время нормальной работы сети. Инвертор используется для преобразования энергии постоянного тока, накопленной в аккумуляторной батарее, в выходную мощность переменного тока и обеспечивает стабильную и прерываемую мощность для нагрузок при сбое сетевого источника. Переключатель передачи обеспечивает успешное переключение нагрузок между источником сети и выходом инвертора. Система управления выполняет управление всей системой в режиме реального времени и может отправлять сигналы о неисправностях и получать сигналы от пульта дистанционного управления. Система управления также может осуществлять удаленный мониторинг системы EPS с помощью удаленной компьютерной системы через стандартные интерфейсы связи. Основной принцип работы EPS заключается в следующем.

1) Когда сеть электропитания в норме, основным источником KM2 или резервный источник KM3 включается с помощью переключающего переключателя KM1 для подачи питания на важные нагрузки. Между тем, зарядное устройство служит источником питания постоянного тока, которому нужно только обеспечить аккумуляторную батарею током зарядки, равным 10% от номинального тока аккумуляторной батареи. Сетевой источник обеспечивает выходную мощность через систему электропитания, которая состоит из обходной цепи переменного тока EPS и переключателя.



ЗУ- зарядное устройство
Рис. 9.7 Схема принципа действия EPS машины.

Инвертор перестает работать. EPS находится в состоянии сна, что обеспечивает эффект сохранения энергии.

2) Когда происходит сбой сетевого источника или сетевое напряжение превышает предел ($\pm 15\%$ или $\pm 20\%$ от номинального входного напряжения), переключатель KM1 переключается в положение, которое подключает инвертор, и инвертор немедленно начинает подачу питания с поддержкой энергии постоянного тока, обеспечиваемой аккумуляторной батареей. В этом случае источником питания, используемым потребителями, является источник переменного тока, преобразованный преобразователем EPS вместо сетевого источника.

Когда напряжение сети становится нормальным, схема управления EPS посылает сигнал на отключение инвертора. Между тем, переключатель KM1 переключается в положение ВЫКЛ, которое включает сетевую цепь, переключая питание с инвертора на питание от сетевого источника. В то время как EPS обеспечивает сетевой источник нагрузки через шунтирующий источник питания переменного тока, он также заряжает аккумулятор через зарядное устройство. Процесс зарядки и генерации EPS машины осуществляется в следующей последовательности: «Вход напряжения переменного тока 380 В - выпрямление - аккумуляторная батарея - инверсия - Выход напряжения переменного тока 380 В». EPS машина может автоматически запускаться в случае сбоя сети. Время начала EPS составляет менее 0,1 с. Такой быстрый запуск обеспечивает

практически бесперебойное электроснабжение потребителей. Система EPS обычно обеспечивает время резервного источника питания 30–120 минут (более длительное время питания требует увеличения емкости аккумуляторной батареи, увеличения объема и более высокой стоимости). Поэтому важно отметить, что EPS является аварийным источником питания и не подходит для длительного резервного питания. Он используется только для поддержания надежности электропитания при важных нагрузках и непрерывности электропитания при важных нагрузках в течение короткого времени или определенного периода времени, когда нормальный источник питания выходит из строя.

9.3.2 Работа EPS машины

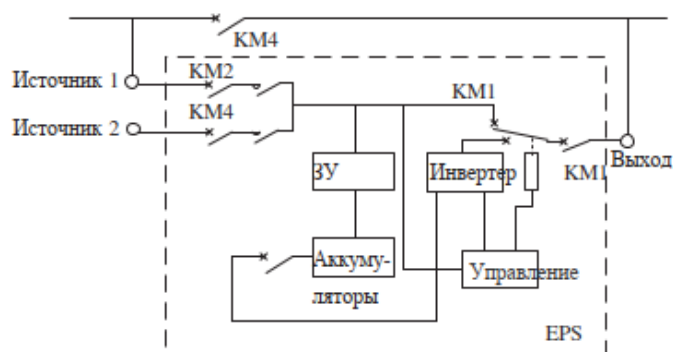
- 1) В соответствии с проводкой, показанной на рис. 9.7, проложите установленный на транспортном средстве силовой/ручной кабельный барабан. Используйте измеритель сопротивления изоляции, чтобы проверить, является ли сопротивление изоляции кабеля приемлемым. Отсоедините входные переключатели источника сети KM1 и KM2 EPS машины. Переведите переключатель передачи в цепь сетевого источника и установите его в положение «Вручную». Подключите входной конец сетевого источника EPS к сети и подключите выходной конец к нагрузке, чтобы сформировать последовательное соединение.
- 2) Закройте автоматический выключатель аккумулятора. Замкните сетевой прерыватель входа источника KM1 и KM2. Загорится индикатор сетевого источника и индикатор зарядки. Поверните кнопку переключения влево. EPS переходит в режим ожидания, а аккумуляторная батарея переходит в состояние автоматической зарядки.
- 3) Измерьте выходное напряжение EPS и определите, является ли оно нормальным. Затем закройте выходной выключатель и включите источник питания для нагрузки.
- 4) Как только источник сетевого источника находится в нормальном рабочем состоянии, отключите входной переключатель сетевого источника. Затем аккумуляторная батарея EPS переходит в состояние ожидания инвертирования для аварийного источника питания, и загорается только красный индикатор
- 5) Как только EPS перейдет в нормальное рабочее состояние, закройте входной переключатель сетевого источника, и EPS автоматически переключится в состояние питания от сетевого источника в течение 5 секунд.
- 6) Используйте меры предосторожности.
 - 1) Строго следуйте инструкциям по эксплуатации.
 - 2) Регулярно проверяйте состояние всех выходных цепей и аккумуляторной батареи.
 - 3) Регулярно отключайте сетевой источник, чтобы проверить, является ли инверсия EPS нормальной (обычно один раз в 2-3 месяца).
 - 4) Не запускайте обязательный пусковой переключатель EPS произвольно. EPS включается только для проверки правильности работы во время обычной проверки. Аккумулятор не должен быть перезаряжен.
 - 5) Проверьте, не превышают ли нагрузки всех выходных цепей номинальную максимальную выходную мощность EPS. Если это так, инвертор может быть поврежден, когда он обеспечивает аварийное питание для нагрузок.

9.3.3 Важнейшие элементы обеспечения электропитания через EPS машины

Подключение EPS-машины осуществляется при низком напряжении и может быть выполнено с прерываниями обслуживания или без них. Для прерывания обслуживания EPS машина подключается напрямую в соответствии с заданной проводкой. Метод работы под напряжением в основном используется для «подключения к сети под напряжением» и для снятия обходных перемычек с линии под напряжением. Обратитесь к обходному рабочему методу в Главе 9 для подробного рабочего содержания. Основные принципы работы на линии под напряжением заключаются в следующем.

- 1) «Подключение к электросети под напряжением». После прокладки кабеля и проверки его сопротивления изоляции проверьте и убедитесь, что переключатели KM1 и KM2 подключены к сетевому источнику, переключающий переключатель находится в «ручном» положении. Затем используйте метод «подключение к электросети под напряжением», чтобы подключить вход EPS к источнику сети, а выходной конец - к нагрузке, как показано на рис. 9.8.
- 2) Операция переключения источника питания. После завершения «подключения к электросети под

напряжением» проверьте чередование фаз обходной EPS машины и исходной цепи. Переключите источник питания в обход источника питания.



ЗУ - зарядное устройство

Рис. 9.8 Проводка для электропитания от EPS машины.

- 1) Замкните входной и выходной переключатели сетевого источника, чтобы обеспечить параллельную работу между обходной EPS машиной и исходной цепью.
- 2) Отключите переключатель KM4 в исходной цепи, чтобы разрешить операцию разделения между обходной EPS машиной и исходной цепью и сформировать видимую точку разрыва. Переключите источник питания на обходной источник питания EPS.
- 3) Запустите EPS машину для пробной эксплуатации. Проверьте и включите индикатор сетевого источника и индикатор зарядки. EPS переходит в режим ожидания, а аккумуляторная батарея переходит в состояние автоматической зарядки. Измерьте выходное напряжение EPS и определите, является ли оно нормальным. Если выходной сигнал в норме, установите переключатель в положение «Автоматически». После того, как система находится в нормальном состоянии питания от сетевого источника, отключите входной переключатель сетевого источника. Затем аккумуляторная батарея EPS инвертируется для подачи питания. Во время аварийного питания загорается только красный индикатор. После аварийного источника питания замкните входной сетевой источник, и EPS автоматически переключится в состояние питания от сетевого источника в течение 5 с. EPS машина переходит в нормальное рабочее состояние.
- 3) Перемещение линии под напряжением отводных перемычек. Проверьте и убедитесь, что переключатели KM1 и KM2 подключены к источнику сети, а переключатель передачи находится в положении «Ручной». Затем используйте метод удаления напряженной линии, чтобы удалить кабели, подключенные к входному и выходному концу EPS. В завершении, уберите вспомогательные кабели.

9.3.4 Обслуживание EPS машин

Техническое обслуживание EPS машин включает в себя регулярное техническое обслуживание, проверку и устранение неисправностей шасси и цепи управления, а главное, техническое обслуживание аккумуляторной батареи для обеспечения нормального срока службы. Для поддержания хорошего технического состояния батарей, их необходимо проверять и поддерживать в строгом соответствии с требованиями по обслуживанию. Соответствующие данные показывают, что около 1/3 отказов EPS могут быть связаны с отказами батарей. Следовательно, улучшение обслуживания батареи EPS является ключом к обеспечению нормального использования EPS машины. Техническое обслуживание батареи EPS должно включать следующие несколько аспектов.

- 1) Поддерживать соответствующую температуру окружающей среды. Окружающая среда и температура являются важными факторами, влияющими на срок службы батареи EPS. Как правило, лучшая температура окружающей среды, указанная производителями батарей EPS, составляет 20–25°C. Когда температура окружающей среды превышает 25°C, срок службы батареи EPS уменьшается вдвое, когда температура достигает 10°C. EPS следует использоваться в чистой, менее пыльной и сухой среде.

2) Интеллектуальный мониторинг

Соответствующую информацию о EPS машине можно обнаружить и получить, установив интеллектуальное устройство мониторинга. Контролируемые параметры включают в себя входное напряжение сетевого источника, выходное напряжение EPS, коэффициент использования нагрузки, коэффициент использования емкости батареи EPS, внутреннюю температуру и частоту сетевого источника. Основные свойства EPS, время обслуживания батареи EPS и аварийный сигнал разряда батареи EPS можно установить с помощью настроек параметров. Этот интеллектуальный мониторинг значительно облегчает управление по пользованием EPS и аккумуляторов EPS.

3) Контроль работы аккумулятора

Необходимо контролировать в основном напряжение на клеммах аккумулятора, ток плавающего заряда, напряжение каждого аккумулятора, а также сопротивление заземления и состояние изоляции аккумулятора и шин постоянного тока. Напряжение аккумулятора и напряжение на клеммах регулярно проверяются на наличие ненормальных деформаций и нагревания на внешнем виде. Полные записи операций должны быть сохранены. Необходимо проверить, надежны ли провода, подключенные к первичной стороне, и есть ли коррозия. Слабые провода (если таковые имеются) должны быть затянуты с указанным моментом, а корродированные провода (если таковые имеются) должны быть своевременно заменены. Не увеличивайте и не уменьшайте по отдельности нагрузку нескольких составных батарей в аккумуляторной батарее, что может привести к дисбалансу емкости аккумуляторных батарей и неравномерности зарядки и сократить срок службы аккумуляторной батареи.

4) Обычный заряд и разряд

Напряжение плавающего заряда и напряжение разряда EPS корректируются до номинальных значений, когда EPS поставляется с завода, тогда как его ток разряда увеличивается с увеличением нагрузки. Нагрузка должна быть разумно отрегулирована во время использования. В нормальных условиях нагрузка не должна превышать 60% от номинальной нагрузки EPS. В этом диапазоне ток разряда аккумуляторной батареи EPS не будет подвергаться чрезмерной разрядке. EPS давно подключен к сетевому источнику. В среде использования, где качество электропитания высокое, и любой сбой сетевого источника происходит редко, аккумуляторная батарея EPS долгое время находится в состоянии плавающего заряда. Это может уменьшить активность взаимного преобразования между химической энергией и электрической энергией аккумуляторной батареи и ускорить износ и сократить срок службы. Поэтому полный разряд следует проводить раз в 2–3 месяца, а время и способ разрядки можно определить в соответствии с характеристиками аккумуляторной батареи EPS. После полной разрядки нагрузки выравнивающий заряд следует проводить в течение более 8 часов в соответствии с соответствующими положениями.

1) Первоначальный заряд. Первый заряд после установки или капитального ремонта аккумуляторной батареи называется первоначальным зарядом.

Состояние начальной зарядки существенно влияет на срок службы аккумулятора. Этот процесс обычно выполняется производителем перед поставкой.

2) Плавающий заряд. Чтобы продлить срок службы аккумуляторной батареи, обычно применяется метод плавающего заряда, при котором источник зарядки и аккумуляторная батарея соединены параллельно.

3) Уравнивающий заряд. Аккумуляторная батарея в нормальных условиях работы обычно не требует уравнивающего заряда. Однако, если между аккумуляторными батареями в аккумуляторной батарее существует дисбаланс напряжения, необходимо провести уравнивающий заряд.

4) Повышение заряда. Аккумулятор может потерять частичную мощность в процессе хранения, транспортировки и установки из-за саморазряда. Поэтому, прежде чем вводить устройство в эксплуатацию после установки, необходимо определить остаточную мощность аккумуляторной батареи на основе ее напряжения разомкнутой цепи, а затем принять различные методы для выполнения ускоренного заряда аккумуляторной батареи. Если аккумуляторная батарея хранится для резервного использования в течение длительного времени, она должна подвергаться ускоренной зарядке один раз в 3 месяца.

5) Своевременная замена использованной батареи

Во время непрерывной работы и использования EPS некоторые аккумуляторы неизбежно повреждаются, так как их производительность снижается или их емкость для накопления энергии не может соответствовать требованиям из-за различий в производительности и качестве. Если

используется необслуживаемая батарея системы абсорбирующего электролита, при нормальном использовании газ не выделяется. Однако, если аккумулятор EPS перезаряжается из-за неправильного использования пользователем, будут образовываться газы, и внутреннее давление в аккумуляторе EPS будет увеличиваться, и даже произойдет вздутие, деформация, утечка или разрыв аккумулятора. При возникновении любого из вышеуказанных явлений аккумулятор EPS должна быть немедленно заменен. Если аккумулятор EPS поврежден, обслуживающий персонал должен проверить все зарядные устройства, чтобы устранить поврежденное. Новый аккумулятор следует приобретать того же самого производителя и иметь ту же модель, что и старая. Запрещено комбинированное применение кислотостойкого и герметичного аккумулятора.

9.4 Методы производства работ с применением сборной передвижной трансформаторной установки

9.4.1 Принцип подачи электроэнергии через сборную передвижную трансформаторную установку

Сборная передвижная трансформаторная установка, также известна как трансформаторная машина нагрузки или смонтированный на транспортном средстве передвижной сборный трансформатор, состоит из сборного трансформатора, шасси и вспомогательных кабелей и может перемещаться по мере необходимости. Для распределительных сетей низкого и среднего напряжения передвижной сборный трансформатор является одним из важных устройств, используемых для реализации работ по бесперебойному обслуживанию, и широко используется. Если частичное оборудование в распределительной сети необходимо обесточить, передвижной сборный трансформатор может быть подключен под напряжением, чтобы обеспечить непрерывное электропитание нагрузок в рабочей зоне. Сборный трансформатор состоит из камеры высокого напряжения (10 кВ или 20 кВ), камеры низкого напряжения (400 В/230 В) и трансформаторной камеры. Набор вакуумных выключателей нагрузки высокого напряжения, оснащенных плавкими предохранителями и выключателями низкого напряжения, соответственно устанавливается на стороне высокого напряжения и на стороне низкого напряжения. Схема подключения показана на рис. 9.9. Предварительно изготовленный трансформатор оснащен механическими и электрическими блокировками, индикаторами высокого напряжения, мониторингом температуры трансформатора, сигнализацией перегрева и отключающими устройствами. Внутри готового трансформатора имеются теплоизоляционные панели с хорошими теплоизоляционными свойствами, которые также оснащены вытяжным вентилятором и жалюзи. Внешняя обшивка установки оснащена дверцей для отвода тепла, которая используется для обеспечения соответствия температуры трансформатора требованиям эксплуатации.

Шасси передвижного сборного трансформатора может быть шасси тягового типа или самоходным шасси и оснащено ручным тормозом и четырьмя ножками для обеспечения устойчивости транспорта во время работы.

Благодаря параллельной и отдельной работе передвижного сборного трансформатора и распределительного трансформатора, передвижной сборный трансформатор заменяет исходный распределительный трансформатор, чтобы обеспечить техобслуживание без перерывов в обслуживании потребителей, которым распределительный трансформатор подает питание.

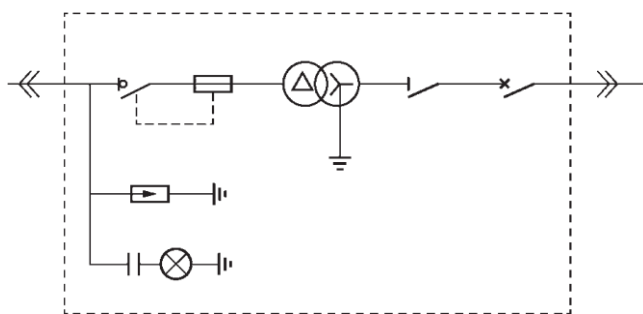
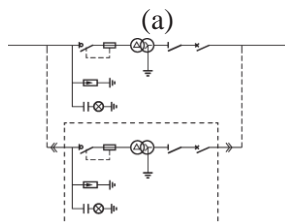


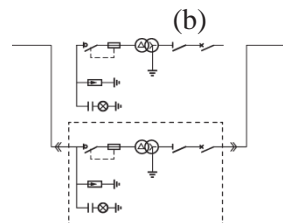
Рис. 9.9 Схема подключения передвижного сборного трансформатора.

Условия параллельной работы трансформаторов включают в себя:

- 1) Подключаемые группы являются одними теми же.
- 2) Коэффициенты трансформации в основном одинаковы, а разница составляет не более 0,5%.
- 3) Коэффициент мощности не более 3.
- 4) Полные сопротивления короткого замыкания в основном одинаковы, а разница не более 10%.



Передвижной коробчатый трансформатор



Передвижной коробчатый трансформатор

Рис. 9.10 Схематическая диаграмма принципа питания передвигного сборного трансформатора. (a) параллельная работа передвигного сборного трансформатора; (b) питание от передвигного сборного трансформатора.

Если распределительный трансформатор не может соответствовать условиям параллельной работы, метод прерывистого соединения и переключения питания может использоваться для передачи и переключения нагрузок между подвижным сборным трансформатором и исходным распределительным трансформатором, с целью замены оригинального распределительного трансформатора и приостановки его сервиса в течение короткого времени для потребителей низкого напряжения.

Если распределительный трансформатор удовлетворяет условиям параллельной работы передвигного сборного трансформатора, то подводящие кабели высокого и низкого напряжения сборного трансформатора соответственно подключаются под напряжением к входным и выходным проводам среднего и низкого напряжения исходного распределительного трансформатора. Таким образом, посредством переключения вакуумных выключателей нагрузки высокого напряжения и выключателей низкого напряжения сборного трансформатора можно реализовать кратковременную параллельную работу между сборным трансформатором и распределительным трансформатором. После этого выключатели низкого напряжения и выключатели высокого напряжения распределительного трансформатора, подлежащие техническому обслуживанию, могут последовательно отключаться, чтобы распределительный трансформатор мог прекратить работу. По окончании работы предпринимаются обратные шаги. Выключатели высокого напряжения и выключатели низкого напряжения распределительного трансформатора включаются последовательно. Таким образом, два распределительных трансформатора восстанавливают параллельную работу. Затем выключатели высокого и низкого напряжения передвигного сборного трансформатора отключаются. Подводящие кабели высокого и низкого напряжения, подключенные к исходному распределительному трансформатору, отсоединяются под напряжением. Состояние нормального электропитания от исходного распределительного трансформатора восстанавливается, и при обслуживании и замене распределительного трансформатора не происходит прерывания обслуживания потребителей. Принципиальная схема принципа показана на рис. 9.10. Этот метод иногда называют методом замены трансформатора под напряжением. Метод замены под напряжением является чрезвычайно сложным и предъявляет высокие требования к безопасности, поэтому метод соединения с прерыванием обслуживания обычно используется на месте.

9.4.2 Замена трансформатора, размещенного на опоре

В следующем разделе говорится о том, как выполнять замену трансформаторов, размещенных на опоре.

1) Состав техников и разделение труда

Для этой работы требуется пять техников,

в том числе один руководитель (одновременно выполняющий функции руководителя работ) и четыре техника (один рабочий в изоляционном ковше, один рабочий на опоре, один наземный рабочий и один оператор передвижного сборного трансформатора).

2) Рабочие инструменты и материалы

В таблице 9.5 приведены Состав инструментов и материалов, необходимых для замены трансформатор, размещенного на опоре.

3) Этапы работы

1) Подготовка перед полевыми работами.

i) Руководитель работ представляет рабочий план и план изменения электропроводки в соответствующий отдел и применяет рабочий порядок работающей линии к диспетчеру.

ii) Руководитель работ проверяет название линии, номер опоры и паспортную табличку оборудования, осматривает линию и смонтированное на опорах оборудование платформы трансформатора на предмет ненормальных условий и выбирает передвижной сборный трансформатор с соответствующей мощностью и моделью.

iii) Расположите подъемное устройство с изолированной корзиной и передвижным сборным трансформатором в правильные положения возле опоры, примыкающей к монтажной платформе трансформатора, и надежно закрепите их (заземлите корпус и нулевой провод низкого напряжения передвижного сборного трансформатора, и сопротивление заземления не превышает 4 Ω). Установите защитные ограждения и предупреждающие знаки в соответствии с дорожными условиями.

iv) Проверьте инструменты и материалы, установите защитные ограждения и предупреждающие знаки.

v) Установите подъемное устройство с изолированной корзиной в заданное положение и используйте для проверки состояния линии.

2) Проложите кабели высокого и низкого напряжения передвижного сборного трансформатора и предварительно установите их на части, которые не обесточены.

3) Передвижной сборный трансформатор заменяет трансформатор, размещенный на опоре для работы.

i) Убедитесь, что оба выключателя высокого и низкого напряжения передвижного сборного трансформатора выключены. Используйте метод «соединения под напряжением обходных перемычек без нагрузки» для подключения кабелей высокого и низкого напряжения, соответственно, находящихся под напряжением, к входящим и выходным проводам высокого и низкого напряжения установленной выше на платформе трансформатора на опоре.

Таблица 9.5 Состав инструментом и материалов для замены трансформатора, размещенного на опоре

Наименование	Количество	Наименование	Количество
Распределительный трансформатор (спецификация и модель определяются по мере необходимости)	1	Изолирующее экранирующее покрытие для проводки	4
Сборный передвижной трансформатор (мощность трансформатора определяется по мере необходимости)	1	Изолирующий барьер	1
Подъемное устройство с изоляционным звеном	1	Изоляционный канат	1
Авто(кран)	1	Изолирующая ручка	1

Диэлектрические перчатки 10 кВ	Две пары	Кабели высокого и низкого напряжения	Для сборного передвижного трансформатора
Защитные перчатки	Две пары	Предохранитель высокого напряжения	Одна упаковка
Изоляционные вспомогательные крепления, установленные в ковше	Одна пара	Нож для снятия изоляции с провода	1
Изолирующая манжета	1	Изолированный кабель отсекатель	1
Изолирующий защитный шлем	2	Клин монтажный пистолет	2
Изолирующая втулка 10 кВ	2	Измеритель сопротивления изоляции 2500 В	1
Изолирующее покрытие 10 кВ	3	Амперметр для измерений без разрыва электрической цепи с зажимом	1
FRP изолированная траверса	Одна упаковка		

ii) Включите высокое напряжение передвижного сборного трансформатора и проверьте фазы на стороне низкого напряжения. Включите выключатель низкого напряжения передвижного сборного трансформатора для параллельной работы с трансформатором, смонтированным на опоре.

iii) Отключите разъединительный трансформатор низкого напряжения, установленный на опоре, для работы с расщепляемым сборным трансформатором. Отключите предохранитель высокого напряжения и верхний разъединитель (разъединяющая цепь) трансформатора, установленного на опоре. Затем трансформатор, смонтированный на опоре, деактивируется, и передвижной сборный трансформатор подает питание на соответствующие нагрузки.

iv) Используйте метод «удаления под напряжением линии обводных перемычек без нагрузки», чтобы отсоединить провода высокого и низкого напряжения понижающего напряжения на опорном трансформаторе под напряжением, чтобы позволить токоведущим частям над платформой трансформатора должны соответствовали требованиям безопасного расстояния для подъема трансформатора при прерывании обслуживания.

4) Снимите и установите трансформаторы в состоянии прерывания обслуживания. Рабочий на опоре и наземный техник совместно снимают старый трансформатор и устанавливают новый трансформатор с помощью крана.

5) Активируйте новый трансформатор после замены старого трансформатора, смонтированного на опоре.

i) Используйте метод «соединения под напряжением без перегрузочных обходных перемычек», чтобы подключить и восстановить подводящие провода высокого и низкого напряжения трансформатора, смонтированного на опоре, в состоянии под напряжением.

ii) Включите верхний размыкающий выключатель (разъединяющую линию) и предохранитель высокого напряжения на опорной трансформаторной платформе. Затем включите разъединитель низкого напряжения, чтобы обеспечить параллельную работу между трансформатором, смонтированным на опоре, и передвижным сборным трансформатором.

iii) Отключите выключатель низкого напряжения передвижного сборного трансформатора для работы с расщепленным трансформатором, установленным на опоре. Затем отключите высоковольтный выключатель передвижного сборного трансформатора. Затем передвижной сборный трансформатор деактивируется, а установленный на опоре трансформатор подает питание на соответствующие нагрузки.

iv) Используйте метод «удаления под напряжением обходных перемычек без нагрузки», чтобы удалить соединение между кабелями высокого и низкого напряжения передвижного

трансформатора и входящими и выходящими проводами высокого и низкого напряжения установленные выше трансформаторной платформы под напряжением на опорах .

б) Уберите кабели передвижного сборного трансформатора и очистите площадку. Затем работа является завершенной.

4) Меры предосторожности

1) Перед началом работы изучите состояние распределительного трансформатора и входных и выходных проводов высокого и низкого напряжения, а также их окружение, неисправные детали. Подтвердите способ подключения и рабочий план подключения и удаления.

2) Изучите режим работы проводки системы, а также инструкцию по эксплуатации и руководство по эксплуатации мобильного сборного трансформатора. Подготовьте рабочий план и план изменения электропроводки и передайте их в отдел эксплуатации и диспетчерской на утверждение.

3) Изучите технические материалы о распределительном трансформаторе и параметрах высокого и низкого напряжения. Изучите емкость и методы подключения высокого и низкого напряжения для распределительного трансформатора. Выберите передвижной сборный трансформатор с соответствующей спецификацией и моделью.

4) Во время работы для любой задачи, связанной с прерыванием обслуживания, необходимо обеспечить достаточное безопасное расстояние от частей под напряжением. В противном случае примите соответствующие меры.

5) Контроль рабочей среды.

i) Установите защитные ограждения и предупреждающие знаки вокруг рабочей площадки и воздушного устройства с изолированной корзиной в соответствии с дорожными условиями, чтобы предотвратить попадание постороннего персонала в рабочую зону.

ii) Защитите передвижной сборный трансформатор защитными ограждениями. Поставьте табличку с предупреждением «Опасно! Высокое напряжение! Не влезать!» на видном месте и организуйте специальное наблюдение за персоналом, чтобы посторонний персонал не приближался к токоведущим частям.

6) Экранирующие меры. Во время подключения к линии под напряжением или удаления проводов высокого и низкого напряжения, части под напряжением от которых нет достаточного безопасного расстояния должны быть экранированы изоляционным материалом. Проверьте правильность положения фаз в проводах высокого и низкого напряжения перед подключением.

7) Соблюдайте рабочий порядок для эксплуатации мобильного сборного трансформатора и трансформатора, смонтированного на опоре. Соблюдайте правила переключения для разъединителя высокого напряжения (разъединяющей линии), предохранителя отключения и выключателя разъединения выходного провода низкого напряжения (разъединителя) трансформатора.

8) Перед использованием трансформатора, высоковольтного выключателя и обходных кабелей мобильного сборного трансформатора, выполните электрические испытания на них в соответствии с указанным периодом времени. Перед подключением и передачей питания проверьте сопротивление изоляции. Работа под напряжением не может быть разрешена, если сопротивление изоляции не приемлемо.

9.5 Методы производства работ на секционном кабеле при бесперебойной подаче электроэнергии потребителю

Методы производства работ на секционном кабеле при бесперебойной подаче электроэнергии потребителю технически и во всесторонне основана на обходном методе. Это деятельность, в которой обходные переключатели, гибкие кабели питания и аксессуары для быстроразъемных соединительных кабелей используются для создания временной обходной кабельной линии. Обходная кабельная линия соединяет участок рабочей линии (линию или оборудование, которое необходимо обслуживать или ремонтировать), который затем обесточивается для прерывания обслуживания. После этого электропитание к исходному рабочему участку восстанавливается. Методы обеспечивают бесперебойное электропитание или кратковременные перебои в подаче электроэнергии пользователям во время процесса.

9.5.1 Организация линии электропитания через обходной кабель

Обводная кабельная линия состоит в основном из гибких силовых кабелей, быстроразъемных клемм (промежуточное соединение, Т-образное соединение), изолирующего перемычки, зажима провода, дугогасящих выключателей и обходных выключателей. Обходная кабельная линия и обходное оборудование представляют собой систему обходного электропитания, источник питания, которой может быть получен от воздушной линии, коммутационной станции или блоком кольцевого питания: RMU. Обходная система электропитания заменяет систему электропитания первоначального участка рабочей линии и обеспечивает бесперебойное электроснабжение потребителей. Согласно рисунку 9.11, если необходимо поддерживать или заменять кабель между коммутатором 914 RMU № 1 и коммутатором 921 RMU № 2, можно проложить обходной кабель между резервным межпозиционным переключателем 913 RMU № 1 и резервным коммутатором 922 RMU № 2.

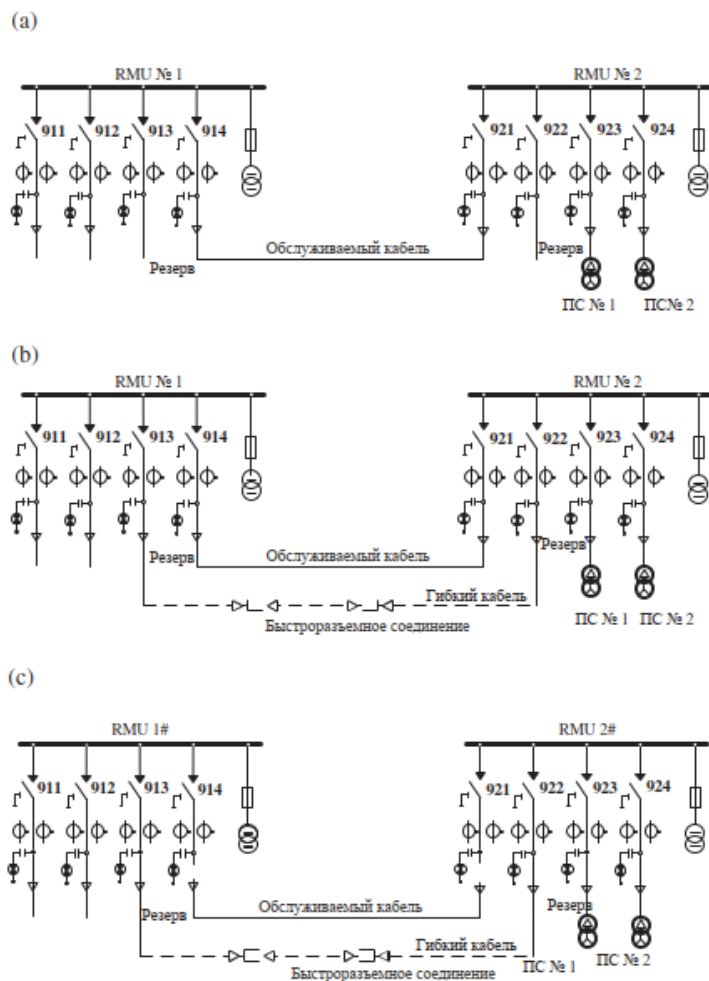


Рис. 9.11 Схема подключения обходного кабеля при замене кабеля, которого необходимо ремонтировать. (а) схема подключения кабеля, которого необходимо ремонтировать, перед прерыванием обслуживания; (б) схема подключения обходного кабеля при параллельной работе; (с) схема подключения кабеля, которого необходимо ремонтировать, после прерывания.

Затем обходной кабель приводится в действие посредством переключения. Таким образом, исходной кабель может прекратить работу для технического обслуживания или замены. После завершения техобслуживания или замены кабеля обходной кабель отключается, что гарантирует отсутствие прерывания обслуживания для соответствующих потребителей во время технического обслуживания или замены. Если между RMU № 1 и RMU № 2 отсутствует резервный интервал, после прокладки обходного кабеля демонтаж и подключение кабельных клемм можно выполнить при условии кратковременного прерывания обслуживания пользователей, что позволяет избежать долгосрочного прерывания подачи во время замены.

Если требуется ремонт или замена RMU № 2, от коммутатора 913 RMU № 1 проложен обходной кабель, а RMU № 3 (или RMU машина или другое передвижное средство фургонного типа) подключается к высоковольтным сторонам подстанций (ПС) № 1 и № 2. Система обходного кабеля предназначена для работы в режиме коммутации. Затем кабель между высоковольтными сторонами подстанций (ПС) №1 и № 2 может быть удален, а RMU № 2 остановлен для технического обслуживания или замены, как показано на рис. 9.12.

9.5.1 Типовое оборудование для производства работ

9.5.1.1 Гибкий кабель питания и его разъем

Гибкий электрический кабель, также известный как гибкий кабель, изготавливается путем скручивания луженых отожженных медных проводов и нескольких жгутов из тонких медных проводов диаметром 0,30 мм, что обеспечивает высокую гибкость. Обычно для изоляции используется этилен-пропиленовый каучук, полупроводящий внутренний экран и съемный внешний экран экструдированы одновременно для экструдированной изоляции. Его экранирующий слой состоит из медных луженых медных проволок, оплетенных волокнами. В его наружной оболочке используется неопрен с хорошей атмосферостойкостью. Гибкий кабель питания является более гибким, чем обычный кабель питания. Он может быть повторно уложен для повторного использования. Обычно это одножильный кабель. Есть три цвета красного, желтого и зеленого для каждой фазы. Кабельная клемма изготавливается при доставке. Быстрое вставное соединение используется для соединения гибких электрических кабелей. Это позволяет быстрое и гибкое соединение для удовлетворения потребностей при разной длине кабеля. Для того чтобы облегчить выполнение соединения между гибким электрическим кабелем и устройством, обе кабельные клеммы имеют разные комбинации, как показано на рис. 9.13 (a) - (e).

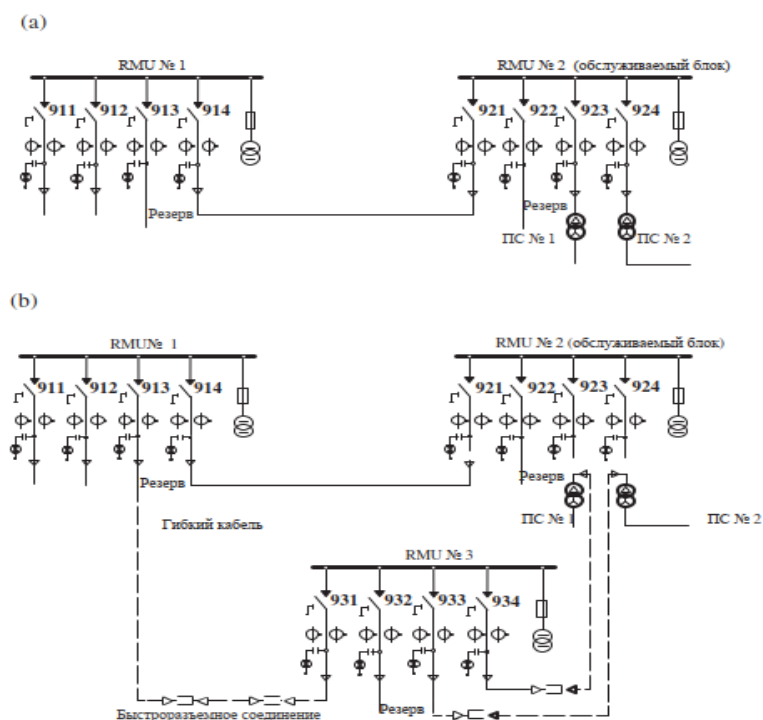
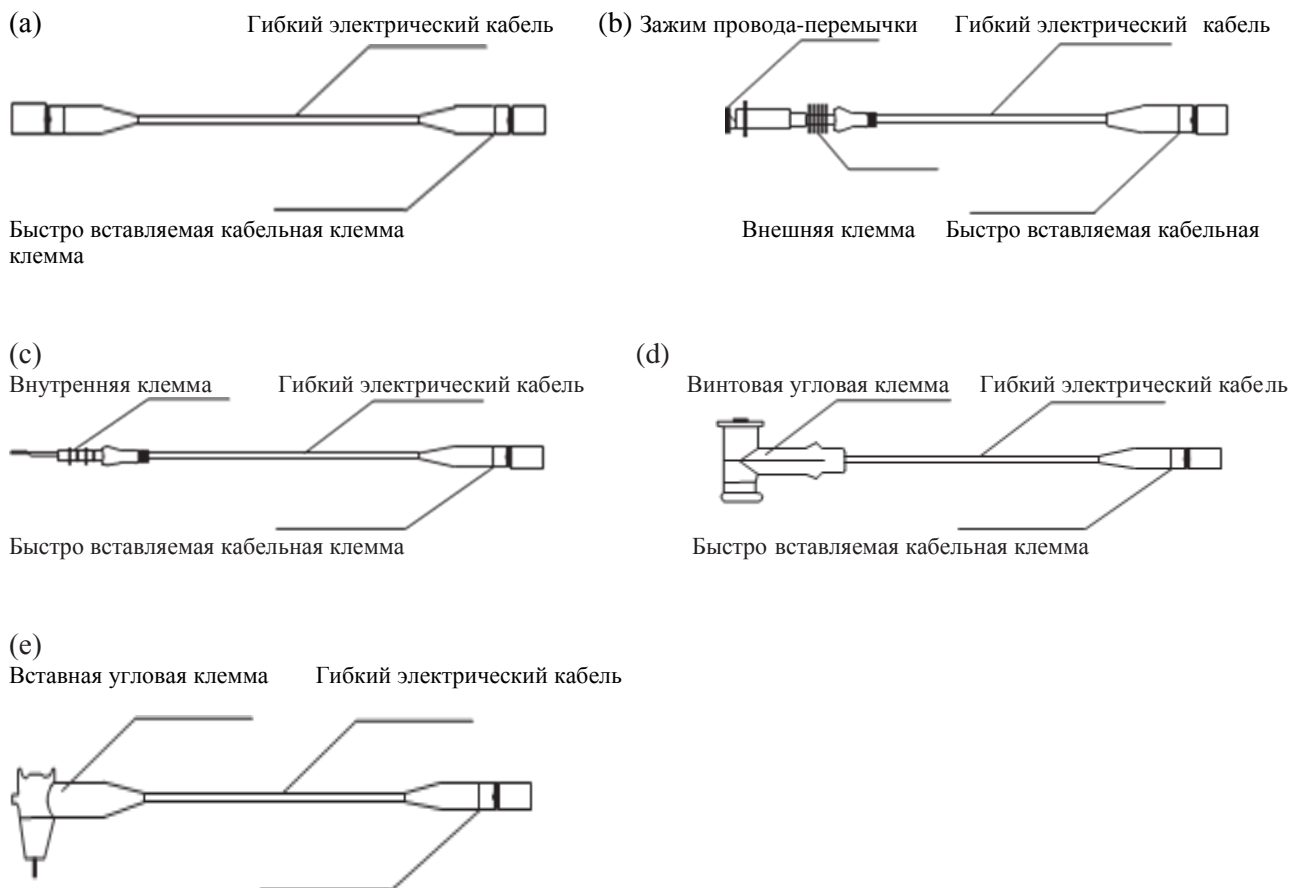


Рис. 9.12 Схема подключения обходной системы электропитания, заменяющей RMU который должен быть отремонтирован. (a) схема соединения обслуживаемого RMU перед прерыванием; (b) Схема соединения обслуживаемого RMU после прерывания.

Тип кабеля с двумя прямыми клеммами имеет стандартную длину 50 м. Другие типы вспомогательных кабелей, используемых для подключения основного оборудования, обычно имеют длину от 10 до 20 м. Гибкие разъемы электрических кабелей специально предназначены для подключения и соединения гибких электрических кабелей и включают в себя съемные кабельные наконечники и самоблокирующиеся быстроразъемные соединения.



Быстро вставляемая кабельная клемма

Рис. 9.13 Гибкий электрический кабель и его клеммные комбинации. (а) прямые клеммы с обеих сторон; (б) зажим провода-перемычки с одной стороны и прямой вывод с другой стороны; (с) внутренняя клемма с одной стороны и прямая клемма с другой стороны; (д) винтовой наконечник с одной стороны и прямой с другой стороны; (е) вставной коленчатый наконечник с одной стороны и прямой вывод с другой стороны.

Съемные кабельные наконечники включают в себя винты и штекеры в соответствии с методом электрического подключения. Винтовые клеммы включают в себя клеммы для внутренних, наружных клемм и коленчатые клеммы. Клеммы штекерного типа включают в себя коленчатые и прямые клеммы. Клеммы штекерного типа включают в себя горячие (под напряжением) штекерные клеммы и быстроразъемные клеммы. Различные типы разъемных кабельных наконечников, используемых для гибких электрических кабелей, показаны на рис. 9.14.

Внутренние клеммы используются методом болтового винтового соединения и подходят для подключения оголенных клемм внутреннего распределительного оборудования, как показано на рис. 9.14 (а). Наружные клеммы подключаются посредством болтового соединения и подходят для подключения воздушных линий (как показано на рис. 9.14 (б)). Вместе с изолирующими обходными перемычками (как показано на рис. 9.14 (д)) и дугогасящими выключателями они используются для подключения кабелей к воздушным линиям под напряжением, таким образом реализуя отключение под напряжением и подключение источников питания незагруженных кабелей. Зажимные

изолирующие провода-перемычки имеют изолирующие резиновые наружные оболочки и могут удерживаться рукой для работы на линии под напряжением. Они используются для подключения кабелей к воздушным линиям, как показано на рис. 9.14 (с). В угловых клеммах винтового типа в качестве электрического соединения используется метод болтового соединения, а в угловых клеммах встраиваемого типа в качестве электрического соединения используется метод скользящего соединения. Оба типа подходят для подключения переключателей с полной изоляцией и полными уплотняющими конструкциями (такими как БКМ, кабельный ответвитель и т.д.) и выбираются в соответствии с различными типами клемм переключателей. Они показаны на рис. 9.14 (е) и (f). Клеммы вставного типа включают в себя клеммы с горячей вставкой и клеммы с быстрым подключением в зависимости от наличия свойства тушения дуги. Они имеют похожие формы и структуры. Клеммы горячего подключения подключают или отключают цепи под напряжением. Используя специальные изолирующие рабочие стержни, можно реализовать горячее подключение для подключения и отключения. Прямые клеммы (как показано на рис. 9.14(g)) подходят для соединения быстрых вставных промежуточных соединений (также называемых прямыми промежуточными соединениями) или быстрых вставных тавровых соединений (также известных как ответвленные тавровые соединения), для того чтобы расширить тавровое соединение гибких электрических кабелей или ответвительных кабелей.

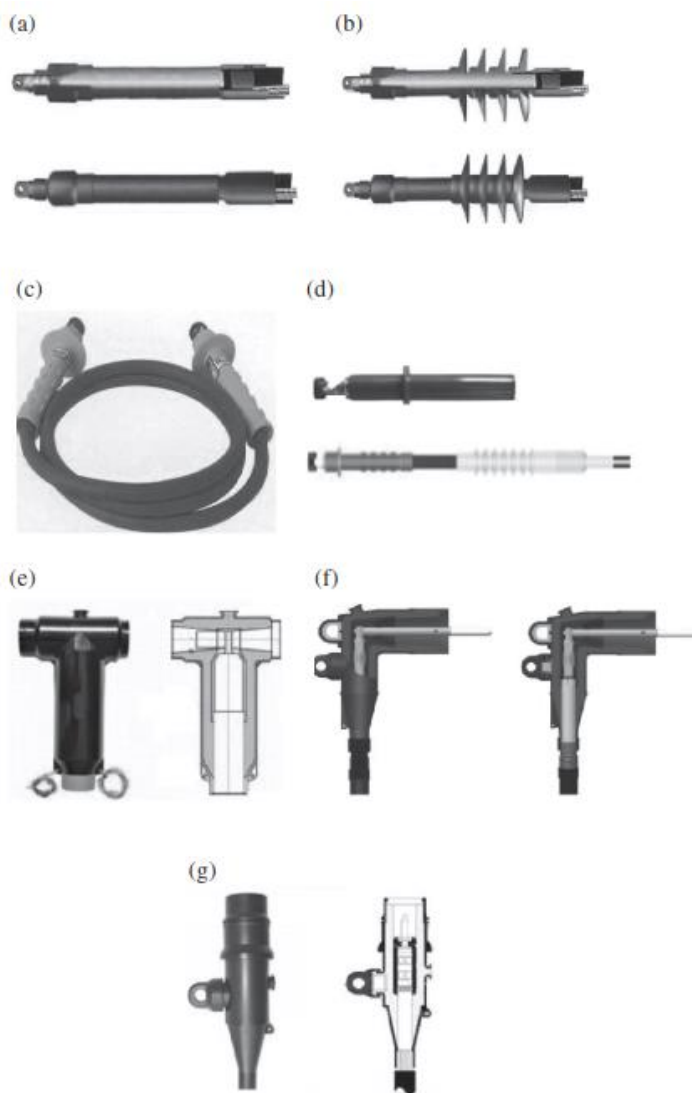


Рис. 9.14 Типовые клеммы для гибких электрических кабелей. (а) внутренняя клемма; (б) внешняя клемма; (с) изолирующая обходная перемычка; (д) внешняя клемма с зажимом провода-перемычкой; (е) винтовая клемма; (ф) вставная клемма; (г) прямая клемма.

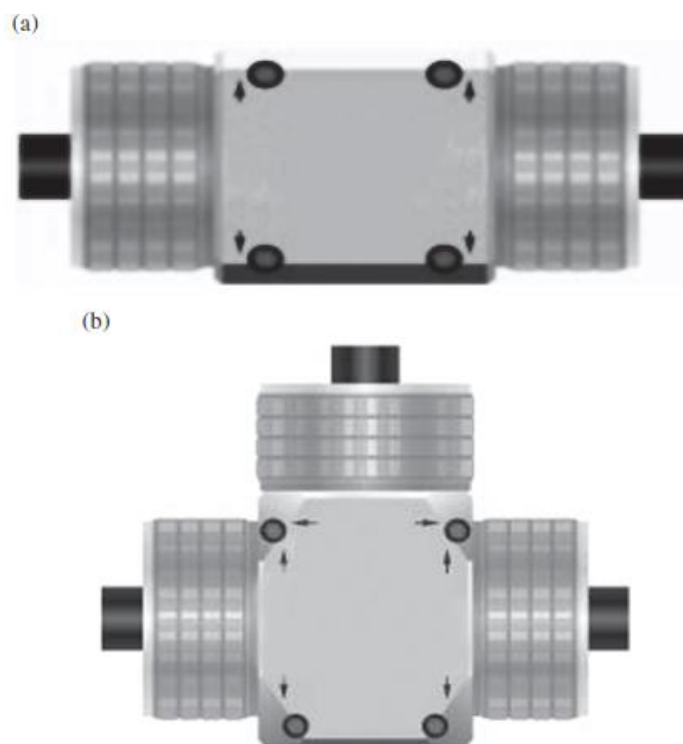


Рис. 9.15 Типовые гибкие разъемы для электрических кабелей. (a) Быстрое вставное промежуточное соединение (прямое промежуточное соединение); (b) Быстроразъемное тавровое соединение (ответвительный типа таврового соединения).

Самоблокирующиеся быстроразъемные соединения включают прямые и тавровые соединения, как показано на рис. 9.15 (a) и (b). Они в основном используются для соединения секций гибких электрических кабелей. Они могут сохранять полную изоляцию и характеризуются небольшим объемом, легким весом, быстрым подключением, отличными электрическими характеристиками и хорошими водонепроницаемыми характеристиками. Они имеют специальные самоблокирующиеся соединительные конструкции. Благодаря простой, быстрой и безопасной установке они служат ключевым соединительным оборудованием в системе электропитания с обходным кабелем. Самоблокирующиеся быстроразъемные клеммы и прямые соединения могут удлинять отрезки временных обходных кабельных линий электропитания путем соединения и сокращать длину каждой секции гибкого силового кабеля, тем самым соединяя участки рабочей линии различной длины. Самоблокирующиеся быстроразъемные клеммы и самоблокирующиеся быстроразъемные тавровые соединения используются для соединения обходных ответвлений кабеля, чтобы обеспечить электрическое соединение для потребителей в каждой ветви. Гибкий разъем электрического кабеля принимает конструкцию конуса напряжения для управления электрическим полем и использует высокоэффективный этиленпропиленовый каучук в качестве основного изолирующего материала, а также всю нержавеющую сталь в качестве внешнего экрана, поэтому он обладает выдающимися механическими и электрическими свойствами. Превосходные характеристики материала, хорошая конструкция интерференционной структуры и специальная технология соединения интерфейса обеспечивают его герметизирующие и водонепроницаемые свойства. Специальная конструкция контактного типа часового ремешка обеспечивает высокую пропускную способность кабеля и низкое повышение температуры. Его механическая блокирующая функция позволяет легко сопоставлять, после чего доступна функция самоблокировки, чтобы предотвратить автоматическое разделение после сопоставления. В состоянии разделения он оборудован специальным изолирующим колпачком и пылезащитным устройством. Металлический внешний вид соединителя обладает коррозионной стойкостью и высокой прочностью. Обездвиженные и скользящие металлы подвергаются поверхностной обработке, что способствует увеличению коэффициента трения.

9.5.1.1 Обходной и дугогасящий переключатель

Во время работы распределительной линии под напряжением, когда емкостный ток отключенного или подключенного ненагруженного кабеля или воздушной линии составляет не менее 0,1 А, для работы следует использовать байпасный переключатель или переключатель подавления дуги. Обходной выключатель внутренне заполнен гексафторидом серы (SF₆) изолирующего газа. Он в основном такой же, как обычный переключатель, и имеет состояние открытия и закрытия. Он может управляться дистанционно на земле. На каждой стороне коммутатора находятся три небольших втулки, оснащенные быстрыми вставными соединениями, которые соответствуют прямым клеммам гибкого силового кабеля. Таким образом, переключатель подходит для быстрого подключения и соединения. Он используется для открытия и закрытия обходной кабельной линии, как показано на рис. 9.16. Обходной переключатель имеет блокирующее и разблокирующее устройство, которое предотвращает сбой во время работы. Он имеет функцию автоматической проверки фазы, а средство проверки фазы имеет четкие сигналы индикации синфазной и синфазной фазы и сигналы тревоги. Ручки, используемые для транспортировки и подъема, оборудованы с обеих сторон выключателя. Выключатель также оснащен монтажным кронштейном, который облегчает подключение к электрической опоре.

Дугогасящий выключатель имеет функцию размыкания и замыкания емкостного тока незагруженной воздушной линии или кабельной линии с возможностью тушения дуги.



Рис. 9.16 Обходной переключатель.

Он в основном состоит из контакта, дугогасительной камеры и ее рабочего механизма, как показано на рис. 9.17. Дугогасительная камера прозрачна, так что состояние размыкания или замыкания контакта переключателя можно наблюдать непосредственно. Перед подключением переключателя подавления дуги к линии необходимо убедиться, что выключатель подавления дуги разомкнут. При выполнении операции под напряжением на линии выключателя подавления дуги рабочий должен надевать защитные очки и использовать для работы изолирующую ручку.

9.5.1.2 Вагон для обходного кабеля

Для работы обходного кабеля требуется много обходных кабелей и оборудования. Без специального транспортного средства для работы прокладка обходных кабелей на месте требует много времени и рабочей силы. Для этой цели специально разработан вагон для обходного кабеля. Вагон для обходного кабеля в основном состоит из шасси, специального фургона, установки кабельного барабана, гибких электрических кабелей и принадлежностей к ним, а также гидравлической системы управления, как показано на рис. 9.18.

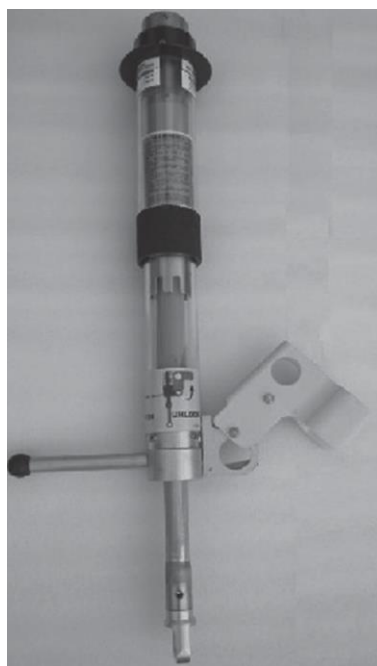


Рис. 9.17 Дугогасящий переключатель

Гибкие электрические кабели и установка кабельного барабана вместе размещены в фургоне. Шкаф с оборудованием расположен в передней части фургона и используется для хранения инструментов и оборудования для неработающего прерывания обходного кабеля. В задней части фургона установлена кабельная катушка, которая объединяет гидравлические и электрические методы управления. Установка кабельного барабана может автоматически сматывать и одновременно захватить три барабана. Он оборудован с сматывающей ручной катушкой, которая может реализовывать ручное сматывание в узком пространстве.

9.5.1.3 Мобильное обходное оборудование фургонного типа

БКМ или обходной переключатель установлен в фургоне, чтобы собрать передвижное оборудование фургонного типа. Передвижной обходной переключатель показан на рис. 9.19, а машина кольцевого сетевого блока (RMU машина) показана на рис. 9.20.

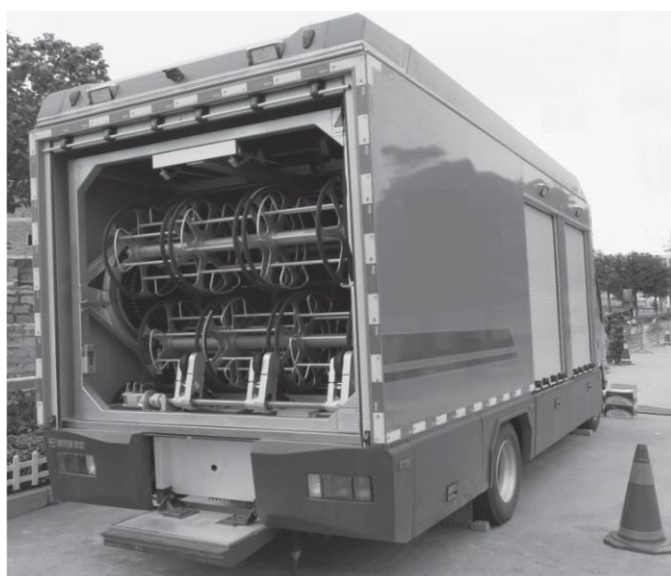


Рис. 9.18 Вагон для обходного кабеля



Рис. 9.19 Машина обходного переключателя.



Рис. 9.20 Машина кольцевого сетевого блока.

Передвижное обходное оборудование фургонного типа отличается быстротой, безопасностью и надежностью работы и широко используется на участке.

9.5.2 Основные методы производства работ

9.5.3.1. Прокладка и соединение гибкого силового кабеля

1) Разработка плана обходной кабельной системы электроснабжения. План кабельной системы электроснабжения разрабатывается по состоянию существующей прокладки электрических проводов в распределительной сети и цели обходного кабельного электропитания.

Основные усилия включают сбор информации о текущем состоянии распределительной сети, анализ потребностей, расчет нагрузок и измерения расстояний. После сравнения методов, экономии и измерения количеств необходимо определить режим подключения, пути, оборудование, технические характеристики и количества материалов, а также план подключения системы обходного электропитания. При нормальных обстоятельствах нагрузочная способность по току гибкого силового кабеля и его промежуточного соединения не должна превышать 200 А. Следовательно, нагрузка, передаваемая системой электропитания через обходной кабель, не должна превышать эту величину, чтобы не допускать перегрева от перегрузок, которые может привести к несчастным случаям. Во всех системах обходного электроснабжения и источниках питания, подключенные к ним, должны быть соблюдены принципа на месте, близости, экономичности и простоты. Для дальних и распределяемых конечных нагрузок можно использовать транспортное средство передвижного генератора, которое является более простым и практичным в качестве альтернативного источника питания.

2) Полевые изыскания, топографо-геодезические работы и установка в заданное положение. Выполнить полевые изыскания и выбрать путь. Начертить план прокладки кабеля и расположения оборудования. Измерить длину необходимого гибкого кабеля питания. Определить количество промежуточных соединений, расположение желобов для защиты кабеля и порядок работы с остатком гибкого силового кабеля.

Определить, каким образом система электропитания на обходном кабеле заменяет исходную систему электропитания, расположение точек подключения и точек останова, а также способ работы при отключении и подключении для обслуживания или прерывания не требующий обслуживания. Начертить схемы подключения системы электроснабжения обходного кабеля, включая план расположения, схему электрических соединений и схему изменений проводки до и после изменения. Присвоить имена и номера устройствам в обходной системе электропитания во время строительства, эксплуатации и диспетчерского управления.

3) Составление схемы строительства

Схема строительства включает в себя оборудование, материалы, инструменты, персонал и график работы, необходимый для построения системы электроснабжения обходного кабеля. Он также

включает в себя работу на раннем этапе, требуемую для альтернативного соединения, работу соединения, операцию переключения для альтернативного запуска и работы по расчистке, выбор параллельной или разделительной операции для не прерывания обслуживания при переключении во время альтернативного запуска, а также необходимость кратковременного отключения электроэнергии для отключения или подключения оригинальной системы питания.

4) Прокладка гибкого силового кабеля

При прокладке гибкого силового кабеля важно избегать людных мест и полос движения и соответствовать минимальному радиусу изгиба. Предупреждающие знаки должны быть установлены вдоль кабельных трасс, а заборы и предупреждающие знаки должны быть установлены рядом с промежуточными соединениями и обходным оборудованием. Если кабельная трасса проходит через полосу движения, следует установить защитный желоб, чтобы избежать повреждения кабеля из-за нажатия транспортного средства. Каждая секция кабеля и его разъем должны пройти испытание на сопротивление изоляции, чтобы убедиться, что сопротивление изоляции не менее 500 МОм. Обходная кабельная машина может использоваться в месте, где он может остановиться и наматывать гибкий силовой кабель. Однако, если обходная кабельная машина не может добраться до места, используется традиционный метод для ручного перетаскивания кабеля в нужное место поэтапно с помощью кабельной катушки, которая показана на рис. 9.21.



Рис. 9.21 Кабельная катушка

Так как обходной кабель служит временным источником электропитания, его следует прокладывать таким образом, чтобы мимо него могли проехать лишь несколько пешеходов и транспортных средств. Если мимо проезжают пешеходы и транспортные средства, для обеспечения безопасности кабельные желоба (коробки) должны быть заранее уложены на землю, а затем кабели последовательно размещены в желобах для кабеля (ящиках), как показано на рис. 9.22. Жёлобы для кабеля (коробки) включают обычные желобы для кабеля (коробки) и высокопрочные, устойчивые к подавлению желобы для кабеля (коробки). Последние желобы для кабеля (коробки) предназначены для того, чтобы кабели, проходящие через улицу, не были раздавлены транспортными средствами.

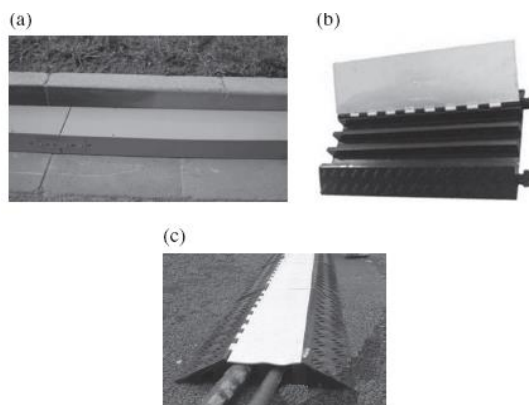


Рис. 9.22 Защитный кабельканал. (а) Типовой кабельканал (желоб) (b) Высокопрочный кабельканал, устойчивый к продавливанию (желоб)

Этапы прокладки кабеля указаны ниже:

- 1) Уложить войлок или защитный желоб вдоль пути прокладки гибкого силового кабеля, чтобы кабель не соприкасался напрямую с фрикционным заземлением и не повредил оболочку кабеля при перетаскивании кабеля.
- 2) Извлечь кабель из кабельного барабана и пропустить его через неподвижное колесо подачи переднего держателя кабеля кабельной катушки. После того, как трехфазный кабель пройдет через кронштейн подающего колеса, наденьте кабель на шкив под концом грузоподъемного троса и зафиксируйте трос при помощи натягивающего инструмента (для натягивания головки) так, чтобы начальные концы троса имеют треугольную форму. С этим, работа по натягиванию выполнена.
- 3) Выбрать подходящее место рядом с основанием опоры, которая удерживает другой конец несущего каната для установки машины для натягивания троса, и распустил с тросом натягивания вдоль несущего троса.
- 4) Установить шкивы на несущем тросе. Шкивы соединены соединительным тросом. Откройте боковую дверцу шкива и вставьте трехфазный кабель в шкивы. Закройте боковую дверь шкива и убедитесь, что замок боковой двери закрыт.
- 5) После завершения подготовительных работ под руководством руководителя работ медленно натяните кабель с постоянной скоростью. В процессе прокладки кабеля кабель не должен касаться земли или других жестких предметов.
- 6) После того, как кабель проложен в нужном месте, подготовьтесь к подключению вспомогательного кабеля, хорошо зафиксировав кабель и разобравшись с оставшейся частью кабеля. Так как гибкий кабель питания настраивается в соответствии с заводской стандартной длиной, на месте неизбежно остается дополнительная секция кабеля, и его необходимо обработать. Выберите подходящее место для установки держателя кабеля и упорядоченно намотайте оставшуюся часть на скобу. Если кабель проложен на земле, оставьте катушку на месте, где мимо нет пешеходов и транспортных средств. Поскольку гибкий силовой кабель отличается от обычного кабеля, при прокладке гибкого силового кабеля обратить внимание на следующее. Во-первых, не перекручивать кабель. Другими словами, не отсоединять кабель от одного конца кабельного барабана или кабельной катушки. Вместо этого сначала повернуть кабельный барабан или кабельную катушку, чтобы развернуть кабель. При необходимости развернуть или повесить кабель. Во-вторых, обратить внимание на минимальный радиус изгиба кабеля. Убедитесь, что кабель можно полностью перемещать в пределах радиуса изгиба. Запрещено перемещать кабель принудительно.

Этапы подключения гибкого силового кабеля противоречат этапам прокладки.

5) Подключение гибких силовых кабелей

Два кабеля соединяются путем вставки промежуточного соединения. Основные этапы:

- (i) Снять промежуточное соединение и защитную крышку кабельной клеммы и убедиться, что в соединении между клеммой кабеля и вставным промежуточным соединением нет посторонних предметов. Убедитесь, что поверхность изоляционной части чистая, сухая и не имеет дефектов;
- (ii) Тщательно очистить изоляционную поверхность чистящей бумагой (тканью) и равномерно нанести на нее силиконовую смазку.
- (iii) Вставить соединение. Когда вы услышите звук «щелчка», вытянуть кабель наружу и убедиться, что он ненатянутый. Проверить, чтобы пружина зажима на стыке вернулась на прежнее место и высвечена. Затем повернуть корпус на стыке на 90°, чтобы закрыть замок. В конце, связать кабельное соединение кабельной лентой.
- (iv) После автоматической блокировки запирающее устройство переключается на крайнюю скользящую втулку. Использовать концевой выключатель, чтобы зафиксировать скользящую муфту, чтобы не повредить клемму соединительной коробки.

Кроме того, перед вводом в эксплуатацию кабель должен выдержать испытание на переменное электрическое напряжение и сопротивление изоляции. На него нельзя подавать питание, пока он не пройдет испытания. После испытаний использовать изолирующий разгрузочный рычаг, чтобы полностью разрядить кабель поэтапно.

9.5.3.2. Технология восстановления последовательности чередования фаз для концевой кабельной муфты

Чтобы обеспечить точность последовательности подключенных фаз во время технического обслуживания, замены и восстановления кабеля, важно записать последовательность чередования фаз во время работы и проверить последовательность чередования фаз и положение после подачи питания. Основные технические шаги заключаются в следующем:

- 1) Маркировка перед снятием: Перед снятием клемм кабеля, которые необходимо обслуживать, сделать метки последовательности чередования фаз на соединительном устройстве и клеммах кабеля, чтобы обеспечить правильное соединение в соответствии с последовательностью чередования фаз исходной сети при восстановлении или замене кабеля. Метод маркировки показан на рис. 9.23.
- 2) Проверить общие основные фазы кабеля: проверить и записать общие основные фазы кабеля, который необходимо поддерживать. В этом случае предположим, что отмеченная фаза А и фаза С противоположны, как показано в таблице 9.6 (I).

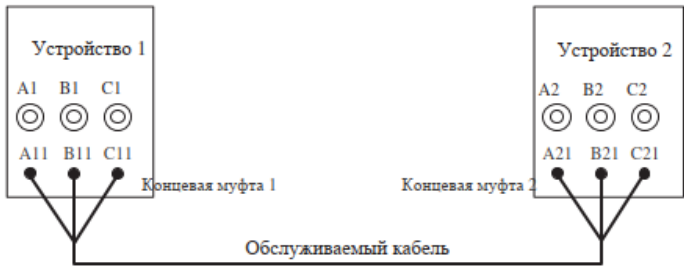


Рис. 9.23 Маркировка последовательности чередования фаз перед снятием обслуживаемого кабеля

Таблица 9.6 Маркировка концевых кабельных муфт и соответствующая корректировка

(I) Маркировка начальных концевых кабельных муфт и соответствующая корректировка

Устройство 1	Ввод 1	Ввод 2	Устройство 2	Ввод общих основных кабелей	Общая фаза устройств 1 и 2	Положение концевых муфт общих основных кабелей
A1	A11	C21	A2	A11-C21	A1-C2	Маркировка фазы А и фазы С на концах исходного кабеля противоположна фактической
B1	B11	B21	B2	B11-B21	B1-B2	
C1	C11	A21	C2	C11-A21	C1-A2	

(II) Маркировка новых концевых кабельных муфт и соответствующая корректировка

Устройство 1	Ввод 1	Ввод 2	Устройство 2	Ввод общих основных кабелей	Общая фаза устройств 1 и 2	Положение концевых муфт общих основных кабелей
A1	A11	A21	C2	A11-A21	A1-C2	Маркировка на концах нового кабеля сходна с фактической
B1	B11	B21	B2	B11-B21	B1-B2	
C1	C11	C21	A2	C11-C21	C1-A2	

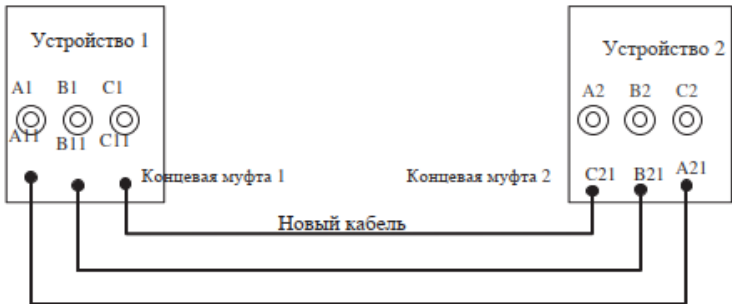


Рис. 9.24 Маркировка соединения нового кабеля и последовательность чередования фазы

3) Проверить и отметить общие основные фазы нового кабеля: закоротить основную фазу на экранирующий слой или одну фазную жилу на другую основную фазу на одном конце кабеля. Определить общие жилы кабеля методом импульсного сигнала и методом измерения сопротивления и сделать отметки на другом конце кабеля.

4) В соответствии с фазовым положением исходного блока питания подключить кабельные клеммы к соответствующим устройствам. Для того, чтобы восстановить начальный кабель, выполнить подключение в соответствии с Таблицей 9.6 (II), как показано на рис. 9.23. Маркировка соединения для нового кабеля показана в таблице 9.6 (II), как показано на рис. 9.24.

5) Фактическое измерение электролинии под напряжением: для системы электроснабжения с кольцевой сетью положение фазы можно проверить на согласованность и правильность при условии, что переключатель на одной стороне кабеля замкнут, а переключатель - на другой стороне открыт. Для радиальной системы электропитания после восстановления электропитания необходимо проверить, вращается ли трехфазное оборудование низкого напряжения в первоначальном направлении. В случае ошибки в положении фазы, выполнить коррекцию фазы, пока положение фазы не будет правильным.

9.5.3.3 Технология отключения и подключения обходного кабеля

В условиях выполнения работ без перерыва подачи электропитания или работ под напряжением, когда установка системы электропитания обходного кабеля и другие подготовительные работы завершены, когда гибкий силовой кабель и его разъем, обходной выключатель, БКМ, кабельная ответвительная коробка, передвижные средства энергоустановки и другие устройства, относящиеся к оборудованию электропитания с обходным кабелем, находятся на месте, когда соответствующие электрические испытания проводятся с удовлетворительными результатами, и когда условия работы под напряжением и нагрузки соответствуют, последующей работой, которая должна быть выполнена, является отключение и подключение всех концов начальной системы питания.



Рис. 9.25 Подсоединение кабельных выводов без нагрузки подъемным устройством с изолирующим звеном.

II) Отключение от сети и подключение незагруженных кабельных проводов

На рис. 9.25 показано действие, при котором техники подключают питание от воздушной линии для обходной кабельной системы электропитания с помощью надземного устройства с изолирующим звеном. Техника работы аналогична подключению перемычек линии под напряжением без нагрузки на воздушной линии.

1) Состав техников и разделение труда

- 1) Один руководитель работы, который отвечает за подготовку всего рабочего плана, контроль безопасности, расстановки персонала и контроля безопасности во время работы.
- 2) Двое техников в изолированной корзине, которые несут ответственность за отключение и подключение.
- 3) Один-два надземных техника, которые отвечают за передачу инструментов и материалов и управление на местах.

См. таблицу 9.7, где указаны необходимые инструменты и материалы.

Так как обходной кабель является емкостной нагрузкой, когда ненагруженная обходная кабельная линия подключена к источнику питания воздушная линия, емкостный ток будет производиться. Чем длиннее кабель, тем больше емкостный ток. Емкостный ток обходного кабеля можно оценить согласно формуле (9.1):

$$I_c = \frac{95 + 1.44S}{2200 + 0.23S} U_n L \quad (9.1)$$

Где I_c — емкостный ток кабеля, А

U_n — номинальное напряжение линии, кВ

S — площадь сечения кабеля, мм²

L — длина кабеля, км

Предполагая, что обходной кабель имеет площадь сечения 95 мм², а линия имеет номинальное напряжение 10 кВ. В соответствии с формулой (9.1), когда длина кабеля составляет 95 м, емкостный ток составляет 0,1 А (когда емкостный ток составляет не менее 0,1 А, для работы следует использовать обходной выключатель или выключатель дугогасителя). Другими словами, когда длина ненагруженного кабеля не превышает 95 м, емкостный ток составляет менее 0,1 А при выполнении подключения к незагруженному кабелю под напряжением. Переключатель дугогасителя или обходной переключатель не требуется.

3) Шаги подключения под напряжением к незагруженным кабельным проводам

1) Проверить инструменты и материалы и установить защитные ограждения и знаки.

2) Установить надземное устройство с изолирующим звеном в предварительно определенном положении и использовать его для проверки.

3) Накрыть и изолировать токоведущие части и заземленные части для изоляции.

4) Проверить, и убедиться, что кабель действительно не загружен.

Другими словами, обходной переключатель, подключенный к одной стороне кабеля, разомкнут, или переключатель на другой стороне кабеля разомкнут.

5) Подключить незагруженный кабель к воздушной линии.

i) Техники в изолированной корзине поднимают гибкий силовой кабель оснащенный фиксатором провода перемычки к изолированной корзине.

Таблица 9.7 Состав инструментов и материалов для отсоединения электролинии под напряжением и подключения ненагруженного кабеля и воздушной линии с помощью подъемного устройства с изолирующим звеном

Наименование	Кол-во	Наименование	Кол-во
Гибкий силовой кабель (прямой ввод в обеих сторонах)	Несколько упаковок (в зависимости от длины)	Изолирующий печатный провод	Один комплект
Гибкий силовой кабель (прямой ввод на одной стороне и наружный ввод с фиксатором провода перемычки на другой стороне)	Одна упаковка	Изоляционное покрытие	6
Быстрое вставное прямое соединение	Несколько упаковок	Изоляционное покрытие зажим	12
	1 (по необходимости)		Две пары

Дугогасящий переключатель или обходной переключатель		Скоба для крепления кабеля	
Изолирующая экранирующая оболочка фиксатора провода перемычки	3	Изолирующий трос	1
Система внутренней телефонной связи	2	Защитная крышка провода	3
Надземное устройство с изолирующим звеном	1	Изоляционные перчатки	Две пары
Измеритель сопротивления изоляции (2500 МОм)	1	Защитные перчатки	Две пары
Изолирующий печатный провод	Один комплект	Изоляционная шалька	2
Фитинг для сращивания изоляционного провода	3	Изоляционная защитная каска	2
Изолирующий разгрузочный рычаг и провод заземления	Один комплект	Изоляционная штанга с прибор для обнаружения токов утечки	Один комплект
		Изоляционная ручная штанга	1

ii) Рабочие в изолированной корзине сотрудничают друг с другом. Один рабочий держит гибкий кабель питания, в то время как другой рабочий перемещает зажим перемычки для соединения с точкой подключения для установки. Повернуть свободную ручку зажима провода-перемычки, чтобы надежно закрепить зажим на активированном проводе. Если активированный провод является изолирующим проводом, использовать фитинг для сращивания изолирующего провода в месте соединения или зачистить изолирующий слой провода.

iii) Установите трехфазные перемычки поэтапно. Следовать принципа от дальнего к ближнему, и принципы от высокого до низкого уровня для подключения проводов. Перед подключением подтвердить последовательность фаз подключение. Если емкостный ток больше 0,1 А при выполнении прямой линии связи ненагруженного кабеля, дугогасящий переключатель или обход переключателя требуется. Этапы использования дуги подавления переключателя заключаются в следующем:

- Убедиться, что переключатель подавления дуги разомкнут.
- Соединить оба конца дугогасящего переключателя на воздушную линию и кабельную линию. Повернуть свободную ручку подавления переключателя дугогасителя для надежного закрепления зажима провода под напряжением. Повернуть свободную ручку перемычки зажима

провода, чтобы надежно закрепить зажим нижнего конца выключателя дугогасителя и убедиться, что связь хорошая.

с) Замкнуть выключатель дугогасителя.

д) Выполнить соединение электролинии под напряжением между воздушной линией и кабельной линией. В это время переключатель дугогасителя работает параллельно с другой обходной цепью кабеля.

е) Разомкнуть переключатель дугогасителя.

ф) Выполнить снятие электролинии под напряжением переключателя дугогасителя.

6) После работы убедиться, что в проводах и на опоре не осталось никаких предметов.

Затем снять изолирующие крышки и вернуться на землю.

4) Шаги отключения от сети незагруженного кабеля от воздушной линии.

1) Проверить инструменты и материалы и установить защитные ограждения и знаки.

2) Установить надземное устройство с изолирующим звеном в заданном положении и использовать его для проверки.

3) Накрыть и изолировать токоведущие части и заземленные части для изоляции.

4) Проверить, и убедиться, что кабель действительно не загружен.

Другими словами, обходной переключатель, подключенный к одной стороне кабеля, разомкнут, или переключатель на другой стороне кабеля разомкнут.

5) Отсоединить незагруженный кабель от воздушной линии.

i) Техники в изолированной корзине сотрудничают друг с другом. Один техник держит гибкий кабель питания, а другой рабочий вращает свободно насаженную рукоятку фиксатора провода перемычки, чтобы ослабить зажим от провода. Шаги использования переключателя дугогасителя:

а) Убедиться, что переключатель дугогасителя разомкнут.

б) Соединить оба конца переключателя дугогасителя на воздушную линию и кабельную линию. Повернуть свободно насаженную рукоятку переключателя дугогасителя для надежного закрепления зажима провода под напряжением. Повернуть свободно насаженную рукоятку фиксатора провода перемычки, чтобы надежно закрепить зажим нижнего конца дугогасящего выключателя, и убедиться, что связь хорошая.

д) Выполнить отключение линии под напряжением кабельной линии от воздушной линии.

е) Разомкните переключатель подавления дуги.

ф) Выполнить снятие электролинии под напряжением переключателя подавления дуги.

ii) Опустите гибкий силовой кабель на землю изолирующим тросом.

iii) Снять трехфазные обходные перемычки между фазами. Соблюдать принципы «дальний к ближнему» и «высокий к низкому», чтобы снять обходные перемычки. После снятия используйте изолирующий разгрузочный рычаг, чтобы полностью разряжать кабель поэтапно.

6) После работы убедиться, что в проводах и на опоре не осталось никаких предметов. Затем снять изоляционные покрытия и вернуться на землю.

5) Меры предосторожности

1) Проверить, что подключаемый кабель не загружен перед началом работы. Иными словами, выключатель со стороны нагрузки, подключенный к кабелю, разомкнут.

2) Отключить повторное включение переключателя питания воздушной линии.

3) Перед подключением убедиться, что подключаемый кабель соответствует требованию к передаче мощности, и убедиться, что кабельная линия прошла соответствующие испытания, что кабельный наконечник на противоположной стороне подключен правильно и что провод заземления был удален (переключатель заземляющего ножа на стороне кабеля открыт).

4) При отсоединении или подключении кабеля средней фазы экранируйте боковой фазовый провод на изоляцию.

5) При выполнении отключения от сети или соединения между воздушной линией и ненагруженным кабелем оцените емкостный ток ненагруженного кабеля. Если оно превышает 0,1 А, используйте переключатель подавления дуги, чтобы предотвратить повреждение дуги.

6) Во время работы примите меры, чтобы предотвратить раскачивание гибкого кабеля питания, и закрепите нижний конец кабельным зажимом.

II) Отключение и подключение концевой кабельной муфты с горячим подключением

При подключении или удалении кабеля к внутреннему коммутатору или БКМ (блок кольцевой сети) или от него выберите комбинацию концевой гибкого силового кабеля, которая соответствует клемме оборудования. Во время подключения или удаления поверните переключатель в состояние обслуживания.

Подключение или удаление такие же, как и для обычной кабельной клеммы, и здесь подробно не описываются.

Отключение и подключение кабельного наконечника с возможностью горячей замены в настоящее время применимо только для временного ввода источника питания для оборудования, такого как ответвительная коробка для кабеля с горячей заменой, как показано на рис. 9.26. Следует использовать специальный изолирующую ручную штангу с полезным расстоянием изоляции не менее 0,7 м, как показано на рис. 9.27.

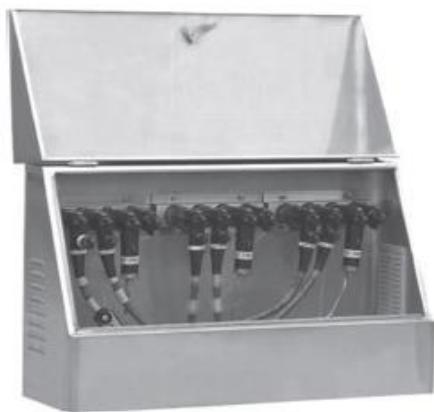


Рис. 9.26 Горячее подключение ненагруженного кабеля в распределительном щите с возможностью горячей замены



Рис. 9.27 Специальная изолирующая ручная штанга для горячей вставки кабеля.

Изолирующая ручная штанга может подключаться и вытягивать коленчатый разъем кабеля или другие аксессуары под напряжением и является незаменимым изолирующим инструментом, используемым для отсоединения или подключения клеммы кабеля с возможностью горячей замены.

1) Состав бригады техников и разделение труда

- 1) Один руководитель работы, который отвечает за подготовку всего рабочего плана, соображений безопасности, расстановки персонала и контроля безопасности во время работы.
- 2) Два техника, которые несут ответственность за отключение и подключение работ.

Таблица 9.8 Состав инструментов и материалов, для отсоединения электролинии под напряжением и подсоединения концевой кабельной муфты с горячим подключением с помощью изолирующей ручной штанги.

Наименование	Кол-во	Наименование	Кол-во
Гибкий силовой кабель (прямой ввод в обеих сторонах)	Несколько упаковок (в зависимости от длины)	Изолирующий печатный провод	Один комплект
Гибкий силовой кабель (прямой ввод на одной стороне и наружный ввод с фиксатором провода перемычки на другой стороне)	Одна упаковка	Изоляционная защитная каска	2

Быстрое вставное прямое соединение	Несколько упаковок	Закреплённая изоляционная ручная штанга	1 (подходящий к терминалу)
Измеритель сопротивления изоляции (2500 МОм)	1	Силиконовая смазка	1
Система внутренней телефонной связи	2	Чистящая бумага	Одна коробка

2) См. Таблицу 9.8 для требуемых инструментов и материалов.

3) Шаги подключения кабеля с возможностью горячей замены

Подсоедините клемму кабеля с возможностью горячей замены поэтапно.

При работе на одной фазе части под напряжением на двух других фазах могут не подвергаться воздействию. Следуйте инструкциям ниже:

1) Проверить, что количество раз горячей подключения клеммы кабеля горячей подключения находится в предписанном диапазоне.

2) Вставить переднее блокирующее устройство изоляционной ручной штанги в эксплуатационное кольцо терминала и заблокировать его.

3) Вставить клемму в направляющую ступень муфты (первая позиция механического сопротивления). Расстояние между рабочим, работающим с изолирующим ручным стержнем, и рабочим объектом должно быть наилучшим рабочим расстоянием. Если что-то внештатное происходит во время работы, немедленно отключите питание.

Зацепите рабочее отверстие штекера коленчатого кабеля за изолирующую ручную штангу. Центрируйте с отверстием втулки и продвигайте ее до тех пор, пока передний конец колена не выйдет за желтый маркер на втулке (пружинное кольцо внутри колена надежно входит в зацепление с пружинным кольцом втулки), указывая на то, что установка установлена.

Операция должна быть точной, быстрой и решающей.

Держите терминал и рукав в оси. Быстро вдвиньте терминал на место вдоль оси.

4) Снимите изоляционную ручную штангу.

4) Шаги отсоединения кабельного наконечника с горячей вставкой

Отсоедините клемму кабеля горячей подключения поэтапно.

При работе на одной фазе части под напряжением на двух других фазах не должны подвергаться воздействию. Следуйте инструкциям ниже:

1) Вставить переднее блокирующее устройство изоляционной ручной штанги в эксплуатационное кольцо терминала и заблокировать его.

2) Вращать и повернуть клемму, чтобы сломать уплотняющую конструкцию.

Повернуть изоляционную ручную штангу вправо и влево, чтобы уменьшить трение между поверхностью муфты и коленом.

3) Удерживать муфту и гильзу по оси. Быстро вытянуть муфту из втулки по оси. Вытянуть коленную заглушку аккуратно, быстро и решительно.

4) Вставить заглушку в разъем изолятора муфты.

Будьте осторожны, чтобы провод не соприкасался с соседними проводами заземления.

5) Снимите изоляционную ручную штангу.

5) Меры предосторожности

1) Кабельный наконечник с горячей заменой должен использоваться вместе с муфтой, оснащенной устройством контроля дуги.

2) Количество времени горячей замены клеммы кабеля с горячей заменой должно быть в пределах установленного диапазона.

3) При отсоединении или подключении клеммы кабеля с возможностью «горячей» замены длина соединительного кабеля между обходным переключателем и подключаемым устройством не должна превышать 50 м. Соединительный кабель не должен быть нагружен, и в кабеле не должно быть промежуточных соединений.

4) Клемма для кабеля с возможностью «горячей» замены должна быть отсоединена или подключена с помощью специального изоляционного штатива, оснащенного фиксирующим устройством на переднем конце. Минимальное полезное расстояние изолирующей ручной штанги должно быть не менее 0,7 м.

5) Должно быть обеспечено достаточное рабочее расстояние. Будьте осторожны, чтобы провод не соприкасался с соседними проводами заземления.

Ш) Не прерывание кабельной линии в связи с техническим обслуживанием

Согласно рисунку 9.11, если необходимо поддерживать или заменять кабель между переключателем 914 БКМ 1 # и переключателем 921 БКМ 2 #, можно проложить обходной кабель между резервным межпозиционным переключателем 913 БКМ 1 #, а резервный переключатель 922 БКМ 2 # и предназначен для работы в режиме переключения.

Таким образом, начальный кабель может прекратить работу для технического обслуживания или замены. После завершения обслуживания или замены кабеля обходной кабель отключается, что предотвращает прерывание обслуживания потребителей.

1) Состав техников и разделение труда

1) Один руководитель работы, который отвечает за подготовку всего рабочего плана, соображений безопасности, расстановки персонала и контроля безопасности во время работы.

2) Несколько надземных рабочих, которые несут ответственность за прокладку, подключение и наматывание обходного кабеля.

3) Два рабочих операции переключения, которые отвечают за операцию переключения для параллельной или разделительной операции между обходным кабелем и исходной системой.

2) См. Таблицу 9.9 для требуемых инструментов и материалов.

3) Стадии производственного процесса

Возьмите Рис. 9.11 в качестве примера, предполагая, что кабель между переключателем 914 БКМ 1 # и переключателем 921 БКМ 2 # необходимо поддерживать. Стадии производственного процесса следующие:

1) Работает до подачи питания на обходной кабель: проложить обходной кабель и подключить промежуточное соединение.

Выполнить проверку сопротивления изоляции. Убедится, что результаты испытания удовлетворительные и рабочие условия под напряжением соблюдаются. После испытания используйте изолирующий разгрузочный рычаг, чтобы полностью разряжать кабель поэтапно.

2) Подсоединить обходной кабель: убедиться, что ножевые выключатели заземления на сторонах линии резервных дистанционных выключателей 913 и 922 замкнуты. Подсоединить клеммы обходного кабеля к резервным дистанционным переключателям 913 и 922.

3) Операция переключения для подачи питания на обходной кабель:

Разомкните ножевые выключатели заземления по сторонам линии резервных дистанционных выключателей 913 и 922 и убедитесь, что выключатели 913 и 922 разомкнуты. Затем замкните выключатель 913 на стороне питания обходного кабеля, запитав тем самым обходной кабель.

Таблица 9.9 Состав инструментов и материалов для технического обслуживания кабельной линии, не связанной с прерыванием

Наименование	Количество	Наименование	Количество
Гибкий силовой кабель (прямой ввод в обеих сторонах)	Несколько упаковок (в зависимости от длины)	Обходная кабельная машина	1
Гибкий силовой кабель (прямой ввод на одной стороне и наружный ввод на другой стороне)	Один комплект (внутренний ввод совпадает с клеммой)	Диэлектрические перчатки	Две пары
Хлопковые перчатки	Несколько	Диэлектрическая каска	2

Измеритель сопротивления изоляции (2500 МОм)	1	Система Интерфон	связи 2
Измеритель фаз	Один комплект	Войлочное защитное покрытие для кабеля и защитный желоб	Несколько
Изоляционный разрядник и заземлитель	Один комплект		

4) Проверить положение фазы обходного кабеля: держать переключатель 922 разомкнутым и проверить положение фазы на этом переключателе. В случае несоответствия фаз, разомкнуть выключатели 913 и 922 и закрыть ножи заземления на боковых линиях для коррекции фазы. После корректировки фаз выполнить операцию переключения электролинии под напряжением на обходном кабеле и проверить положение фаз, пока фазы не будут согласованы.

5) Отключить кабель, который необходимо обслуживать, с помощью параллельной или разделительной операции: замкнуть выключатель 922, чтобы включить обходной кабель в параллельном режиме. Затем необходимо разомкнуть выключатели 914 и 921 на обеих сторонах кабеля, чтобы он работал в режиме разъединения. В конце закрыть ножи заземления на сторонах линий выключателей 914 и 921. Таким образом, обслуживаемый кабель находится в состоянии обслуживания прерывания обслуживания.

6) После завершения технического обслуживания или замены кабеля и связанных с ним электрических испытаний использовать изолирующий разрядный рычаг, чтобы полностью разрядить кабель поэтапно, и продолжить работу по подключению снова.

7) Работа под напряжением после технического обслуживания кабеля: разомкните ножевые выключатели заземления на сторонах линии выключателей 914 и 921. Затем замкнуть выключатель 914, чтобы подать питание на обслуживаемый кабель.

8) Проверить положение фазы обслуживаемого кабеля: держать переключатель 921 разомкнутым и проверить положение фазы на этом переключателе.

9) Отключить обходной кабель с помощью параллельной или разделительной операции: замкнуть выключатель 921, чтобы включить обслуживаемый кабель в параллельную работу. Затем разомкнуть переключатели 913 и 922, чтобы переключить обходной кабель в режим разделения.

В конце, закрыть ножи заземления на боковых сторонах выключателей 913 и 922. Таким образом, обходной кабель находится в состоянии обслуживания прерывания обслуживания.

10) Отсоединить клеммы обходного кабеля от переключателей 913 и 922, чтобы отключить обходной кабель. Утилизировать обходной кабель и соответствующие устройства.

4) Меры предосторожности

1) При подключении или снятии обходного кабеля или кабеля, который необходимо обслуживать, переключатели с обеих сторон должны находиться в состоянии технического обслуживания.

2) Обходной кабель или обслуживаемый кабель должны пройти соответствующие электрические испытания перед подключением и не могут быть введены в эксплуатацию, пока они не пройдут испытания.

3) Перед подачей питания на обходной кабель и кабель, подлежащий техническому обслуживанию, повернуть переключатели с обеих сторон из состояния обслуживания в состояние холодного ожидания, чтобы предотвратить опасную неправильную работу передачи мощности с помощью ножевых выключателей заземления (нож заземления на одна сторона кабеля закрыта для передачи энергии на другую сторону кабеля через закрытие).

4) Обходной кабель и обслуживаемый кабель должны иметь согласованные фазовые положения перед параллельной работой.

IV) Техническое обслуживание кабельной линии методом кратковременного отключения

Как показано на рис. 9.11, если необходимо заменить кабель и нет резервного расстояния между БКМ 1 # и БКМ 2 #, после прокладки обходного кабеля демонтаж и подключение клемм кабеля можно выполнить при условии временного прерывания обслуживания потребителей, избегая долгосрочного прерывания обслуживания во время замены.

Таблица 9.10 Состав инструментов и материалов для технического обслуживания кабельной линии методом кратковременного отключения питания.

Наименование	Количество	Наименование	Количество
Гибкий силовой кабель (прямой ввод в обеих сторонах)	Несколько упаковок (в зависимости от длины)	Обходная кабельная машина	1
Гибкий силовой кабель (прямой ввод на одной стороне и наружный ввод на другой стороне)	Один комплект (внутренний ввод совпадает с клеммой)	Диэлектрические перчатки	Две пары
Хлопковые перчатки	Несколько	Диэлектрическая каска	2
Измеритель сопротивления изоляции (2500 МОм)	1	Система связи Интерфон	2
Измеритель фаз	Один комплект	Войлочное защитное покрытие для кабеля и защитный желоб	Несколько
Изоляционный разрядник и заземлитель	Один комплект		

1) Состав бригады техников и разделение труда

- 1) Один руководитель работы, который отвечает за подготовку весь рабочий план, соображения безопасности, персонал организация и контроль безопасности во время работы.
- 2) Несколько надземных рабочих, которые несут ответственность за укладку, подсоединение и подключение обходного кабеля.
- 3) Два рабочих переключения, которые несут ответственность для операции переключения для прерывания обслуживания и восстановления.

2) См. Таблицу 9.10 для требуемых инструментов и материалов.

3) Стадии производственного процесса

- 1) Работает до подачи питания на обходной кабель: проложить обходной кабель и подключить промежуточное соединение. Выполнить проверку сопротивления изоляции. Подтвердить, что результат испытания удовлетворительный и условия эксплуатации под напряжением соответствуют. После испытаний использовать изолирующий разгрузочный рычаг, чтобы полностью разряжать кабель поэтапно.
- 2) Обесточить кабель, подлежащий техническому обслуживанию: разомкнуть выключатели 914 и 921 на обеих сторонах кабеля, подлежащего техническому обслуживанию, а затем закрыть ножи заземления на боковых сторонах выключателей 914 и 921. Таким образом, кабель должен быть отключен и поддерживается в обесточенном состоянии обслуживания.
- 3) Сделать метки последовательности фаз на кабеле, который необходимо обслуживать, и подключенных устройствах, и проверить общие фазы основного кабеля.
- 4) Снять обслуживаемый кабель и подключить обходной кабель: убедиться, что переключатели 914 и 921 разомкнуты и что ножевые выключатели заземления на сторонах линии замкнуты. Снять клеммы с обеих сторон кабеля, который необходимо обслуживать, и соединить клеммы с

обеих сторон обходного кабеля. В это время подключить кабель и устройства в соответствии с результатом проверки положения фазы и технологией восстановления, чтобы гарантировать, что исходное положение фазы остается прежним.

5) Операция переключения для подачи питания по обходному кабелю: разомкнуть ножевые переключатели заземления на сторонах линий переключателей 914 и 921, а затем замкнуть переключатель 914 на стороне питания обходного кабеля, чтобы подать питание на обходной кабель. Затем замкнуть переключатель 921 на другой стороне обходного кабеля. Таким образом, обходной кабель загружается для подачи питания.

6) Проверить положение фазы обходного кабеля. Для системы электроснабжения кольцевой сети проверить положение фазы перед тем, как выключатель 921 замкнут. Для радиальной системы электропитания после передачи энергии с замкнутым переключателем 921 проверить, является ли чередование фаз трехфазной нагрузки, выдаваемой БКМ # 2, положительно вращающимся. Если последовательность фаз вращается отрицательно, отключить источник питания для коррекции фазы.

После обслуживания кабеля и проведения соответствующих испытаний используйте изолирующий разгрузочный рычаг, чтобы полностью разряжать кабель поэтапно.

7) Операция переключения для отключения обводного кабеля: разомкнуть переключатели 914 и 921 по обе стороны от обводного кабеля, затем закрыть ножевые выключатели заземления на боковых сторонах выключателей 914 и 921. Таким образом, обводной кабель в обесточенном состоянии обслуживания.

8) Снять обходной кабель и подключить обслуживаемый кабель: убедиться, что переключатели 914 и 921 разомкнуты и что ножевые выключатели заземления на сторонах линии замкнуты. Снять клеммы с обеих сторон обходного кабеля и подключить клеммы с обеих сторон обслуживаемого кабеля. В это время подключить кабель и устройства в соответствии с результатом проверки положения фазы и технологией восстановления, чтобы гарантировать, что исходное положение фазы остается прежним.

9) Операция переключения для восстановления питания исправного кабеля: разомкнуть ножевые выключатели заземления на сторонах линий выключателей 914 и 921 с обеих сторон обслуживаемого кабеля. Затем замкнуть выключатель 914 на стороне питания обслуживаемого кабеля, чтобы подать питание на обслуживаемый кабель. Затем замкнуть выключатель 921 на другой стороне обслуживаемого кабеля. Таким образом, обслуживаемый кабель загружается для восстановления питания.

10) Проверить положение фазы исправного кабеля: Для системы электроснабжения кольцевой сети проверить положение фазы, прежде чем переключатель 921 замкнут. Для радиальной системы электропитания после передачи энергии с замкнутым переключателем 921 проверить, является ли чередование фаз трехфазной нагрузки, выдаваемой БКМ # 2, положительно вращающимся. Если последовательность фаз вращается отрицательно, отключите источник питания для коррекции фазы.

11) Использовать изолирующий разгрузочный рычаг для полной разрядки обходного кабеля поэтапно. Утилизировать обходной кабель и соответствующие устройства.

Во время описанного выше процесса подключения и удаления обслуживаемого кабеля и обходного кабеля потребители испытывают только два кратковременных перерыва в обслуживании.

Специально для работы, где необходимо заменить старый кабель и проложить новый, этот метод позволяет избежать длительных перерывов в обслуживании потребителей.

4) Меры предосторожности

1) Весь процесс испытывает два кратковременных перерыва в обслуживании, в основном из-за того, что переключатели с обеих сторон должны находиться в состоянии технического обслуживания при подключении или отключении обходного кабеля или кабеля, подлежащего техническому обслуживанию.

2) Обходной кабель или обслуживаемый кабель должны пройти соответствующие электрические испытания перед подключением и не могут быть введены в эксплуатацию, пока они не пройдут испытания.

3) Перед подачей питания на обходной кабель и кабель, подлежащий техническому обслуживанию, поверните переключатели с обеих сторон из состояния обслуживания в состояние холодного ожидания, чтобы предотвратить опасную неправильную работу передачи

мощности с помощью ножевых выключателей заземления (нож заземления на одной стороне кабеля закрыта для передачи энергии на другую сторону кабеля через закрытие).

4) Обходной кабель и обслуживаемый кабель должны иметь согласованные фазовые положения перед параллельной работой. Технология восстановления последовательности фаз для кабельных клемм важно для такого рода работы, которая может эффективно гарантировать точность положения фазы.

V) Обслуживание RMU блока методом кратковременного отключения

В соответствии с рисунком 9.12, если требуется обслуживание или замена RMU № 2, обходной кабель проложен от переключателя 913 RMU №1, а RMU №3 (или кольцевой автомобильный блок сети или подвижный кабельный распределительный щит) подключается к высокому напряжению сторон подстанций №1 и №2. Система обходного кабеля предназначена для работы в операции переключения. Снять кабель со стороны высокого напряжения подстанций №1 и №2 до RMU №2, чтобы деактивировать RMU № 2 для технического обслуживания или замены. После завершения технического обслуживания или замены RMU № 2 отключить систему питания обходного кабеля. Это приводит лишь к кратковременному перерыву подачи электроэнергии потребителю и позволяет избежать долгосрочных перерывов.

1) Состав бригады техников и разделение труда

- 1) Один руководитель работы, который отвечает за подготовку всего рабочего плана, соображений безопасности, расстановки персонала и контроля безопасности во время работы.
- 2) Несколько надземных рабочих, которые отвечают за строительство системы электропитания обходного кабеля, а также за подключение и утилизацию кабеля.
- 3) Два рабочих переключения, которые отвечают за операцию переключения для прерывания обслуживания и восстановления.

2) См. Таблицу 9.11 для требуемых инструментов и материалов.

3) Стадии производственного процесса

Принимая Рис. 9.12 в качестве примера, стадии производственного процесса следующие:

- 1) Работает до подачи питания на обходную систему электропитания: проложить обходной кабель и подключить промежуточное соединение. Установить мобильную кольцевую сеть автомобиля (RMU № 3) и подключить входящие и исходящие линии. Выполнить проверку сопротивления изоляции. Убедится, что результаты испытания удовлетворительные и рабочие условия под напряжением соблюдаются.
- 2) Подключить источник питания системы электропитания к обходному кабелю. Использовать методы отсоединения и подключения обходного кабеля в соответствии с характеристиками оборудования источника питания. Не выполнять операцию в режиме реального времени после подключения.

Таблица 9.11 Состав инструментов и материалов для обслуживания БКМ методом кратковременного отключения

Наименование	Кол-во	Наименование	Кол-во
Гибкий силовой кабель (прямой ввод в обеих сторонах)	Несколько упаковок (в зависимости от длины)	Обходная кабельная машина	1
Гибкий силовой кабель (прямой ввод на одной стороне и наружный ввод на другой стороне)	Один комплект (внутренний ввод совпадает с клеммой)	Изолирующие перчатки	Две пары
Хлопковые перчатки	Несколько	Изолирующая каска безопасности	2
Измеритель сопротивления изоляции (2500 МОм)	1	Система внутренней телефонной связи	2
Мобильная кольцевая сеть автомобиля	1	Защитный покров кабеля войлок и защитная коробка	Несколько
Изоляционный разрядник и заземлитель	Один комплект		

3) Обесточить RMU № 2 для технического обслуживания: разомкнуть выключатели 921, 922, 923 и 924 на всех сторонах входящего и исходящего кабелей RMU № 2, а затем разомкнуть выключатель 914 RMU № 1 на стороне питания RMU № 2. Затем закрыть ножи заземления на сторонах линий выключателей 921, 922, 923 и 924. В это время RMU №2 и его входящие и исходящие кабели находятся в обесточенном состоянии обслуживания. Убедится, что ножи заземления на боковых линиях выключателей 931, 932, 933 и 934 RMU №3 замкнуты.

4) Снять входящий и исходящий кабели RMU № 2 и подключить кабель, питающий нагрузку, к RMU № 3.

Перед снятием сделать метки последовательности фаз на всех переключателях и их кабельных головках БКМ, чтобы восстановить его в соответствии с исходной последовательностью фаз после технического обслуживания.

5) Операция переключения для подачи питания на систему питания обходного кабеля: разомкнуть ножевые выключатели заземления на сторонах линий выключателей 931, 932, 933, 934 и 913 со всех сторон системы питания обходного кабеля, а затем закрыть их по очереди из выключателя 913 на стороне питания для постепенной передачи электрической энергии.

6) Выполнить проверку под нагрузкой последовательности фаз на точность после передачи энергии. В случае любой неточности обесточить соответствующую ветвь для коррекции фазы, пока последовательность фаз не будет правильной.

7) После снятия входящих и исходящих кабельных головок RMU № 2 выполнить техническое обслуживание или замену RMU № 2.

RMU № 2 может быть возвращен в эксплуатацию после завершения техобслуживания или замены и подтверждения того, что результат испытания является удовлетворительным, и что условия эксплуатации под напряжением соответствуют.

8) Обесточить систему электропитания обходного кабеля:

Разомкнуть выключатели 931, 932, 933, 934 и 913 со всех сторон системы электропитания обходного кабеля, а затем закрыть ножевые выключатели заземления на сторонах линий выключателей 931, 932, 933, 934 и 913. В это время RMU № 3 и его входящие и исходящие кабели находятся в обесточенном состоянии при обслуживании. Проверить заземляющие ножевые выключатели на сторонах линий выключателей 921, 922, 923, 924 и 914 замкнуты.

9) Снять кабели со всех сторон системы электропитания обходного кабеля. Убедится, что резервные дистанционные переключатели с обеих сторон переведены в состояние обслуживания. Снять кабельные клеммы со всех сторон системы электропитания обходного кабеля и восстановить соединение входящих и исходящих кабельных головок RMU № 2. В это время подключить кабель и устройства в соответствии с результатом проверки положения фазы и технологией восстановления, чтобы гарантировать, что исходное положение фазы остается прежним.

10) Операция переключения для восстановления питания RMU № 2: разомкнуть ножевые выключатели заземления на сторонах линий выключателей 921, 922, 923, 924 на всех сторонах входящего и исходящего кабелей БКМ 2 # и выключателя 914, и затем закрыть их по очереди от переключателя 914 на стороне питания для ступенчатой передачи энергии.

11) Утилизировать устройства, связанные с системой электропитания обходного кабеля.

Во время описанного выше процесса подключения и снятия БКМ и системы электропитания с обходным кабелем потребители испытывают только два кратковременных перерыва в обслуживании. Специально для замены RMU и других действий, требующих долгосрочного прерывания обслуживания, этот метод имеет значение сокращения продолжительности прерывания обслуживания.

4) Меры предосторожности

1) Весь процесс испытывает два кратковременных перерыва в обслуживании, в основном из-за того, что переключатели с обеих сторон должны находиться в состоянии обслуживания при подключении или отключении кабелей со всех сторон RMU и системы электропитания обходного кабеля.

2) Система электропитания обходного кабеля должна пройти соответствующие электрические испытания перед подключением и не может быть введена в эксплуатацию, пока не пройдут испытания.

3) Перед подачей питания на систему электропитания обходного кабеля повернуть переключатели с обеих сторон из состояния обслуживания в состояние холодного ожидания,

чтобы предотвратить опасную неправильную работу передачи мощности с помощью ножевых выключателей заземления (ножевой выключатель заземления на одной стороне кабеля закрыта для передачи энергии на другую сторону кабеля через закрытие).

4) Технология восстановления последовательности фаз для кабельных клемм очень важна для такого рода работы, которая может эффективно обеспечить точность положения фазы.

Техника прерывания необслуживаемого кабеля полностью меняет традиционные методы ремонта и обслуживания кабельных линий. Они используют гибкие силовые кабели вместе с модульными комбинациями всех видов обходного оборудования мобильного типа фургона и технологий мобильного электропитания. Они могут быстро реализовать прерывание, не связанное с обслуживанием, или кратковременное прерывание обслуживания и отключение систем обходного электроснабжения, а также удаление и повторное подключение кабелей или устройств, которые необходимо обслуживать. Основным методом прерывания неработающего кабеля является комплексное применение метода обхода. Методы имеют следующие две характеристики:

- 1) Высокие требования к координации для инструментов и устройств: требуется более 30 различных комбинаций инструментов и устройств. Существуют высокие требования к соединению и координации между различными устройствами. Например, обходной кабель должен соответствовать требованиям изоляции. Он также должен быть прост в подключении, быть пригодным для вторичной переработки и быть легко размещенным, а также быть гибким и удобным для переноски и транспортировки. Эти инструменты и устройства должны иметь изолирующие свойства, электрические свойства и механическую прочность, которые должны соответствовать требованиям обычных систем электропитания, и могут быть быстро установлены. Несмотря на то, что соответствующие штекерные разъемы выглядят просто, их технологические требования чрезвычайно высоки. Разъемы контактов интерфейсов и токопроводящие требования должны достичь технических стандартов.

- 2) Высокие требования к дисциплине сотрудничества:

Техника прерывания кабеля без обслуживания всемерно интегрирует сотрудничество между различными дисциплинами строительства, эксплуатации и технического обслуживания, а также операции переключения.

- 1) Взаимодействие между строительством и эксплуатацией

Создание системы электроснабжения с помощью обходного кабеля, соединение с исходной системой электроснабжения, удаление/восстановление участка рабочей линии и удаление системы электроснабжения с обходом требуют применения многочисленных режимов работы. Все рабочие процессы нуждаются в хорошем взаимодействии между строительством и эксплуатацией.

- 2) Защита обходного кабеля системы электропитания

Система обходного кабеля является временным объектом. Чтобы обеспечить безопасную и надежную работу кабельной линии, следует приложить особые усилия для защиты коридора и оборудования линии. Операторы должны четко знать свои обязанности и ответственные участки и проводить патрулирование кабельных линий в пределах своей юрисдикции. Ключевые средства и позиции должны охраняться назначенным персоналом. Средства защиты и предупреждающие знаки должны быть установлены на месте. При необходимости следует устанавливать закрытые заборы и навесные замки, чтобы предотвратить случайное повреждение, контакт или работу соответствующих средств системы электроснабжения обходного кабеля.

- 3) Мониторинг ключевых точек подключения системы питания обходного кабеля.

- i) Контроль нагрузки: перегрузка на кабеле не допускается. Пропускная способность гибкого силового кабеля и его разъема, как правило, контролируется ниже 200 А.

Следует предпринять усилия для отслеживания и контроля нагрузки, чтобы предотвратить перегрузку.

- ii) Контроль температуры: измерить рабочую температуру гибкого кабеля питания.

Регулярно измерять температуру всех клемм и промежуточных соединений. Проверить, нет ли признаков нагревания плохого контакта. В случае любого ненормального признака, принять меры, чтобы своевременно устранить любой дефект.

- iii) Испытание на частичную разрядку: при наличии каких-либо посторонних веществ или воздушного зазора в соединении клемм и промежуточных соединений, влияющих на электрическую изоляцию, могут возникнуть электрическая дуга, дорожка и корона. Это создает ионизацию

вместе с ультразвуковыми колебаниями сигнала молекул окружающего воздуха. При необходимости ультразвуковой тестер частичного разряда можно использовать для быстрого обнаружения частичного разряда, чтобы своевременно обнаружить дефекты изоляции. Необходимо обнаруживать наличие частичного разряда, особенно когда обходной кабель работает под напряжением.

Литература

- 1 Letian Teng, Jin xiu Zhang, Yan Luo. Study on insulation structure of fast slide in termination and joint for 15 kV power cables applying to living work on site[C]. Proceedings of Electrical Insulation Conference. Indianapolis, USA:[s.n.], 2005.
- 2 Well R, Hunt S, Hurley K, et al. Laboratory assessment of the effect of heavy rubber glove thickness and sizing on effort, performance and comfort. International Journal of Industrial Ergonomics, 2010(40): 386–391.
- 3 Li Tianyou, Lin Qiuji. Practical Skills in MV-LV Distribution Networks[M]. Beijing: China power press, 2012.
- 4 Hu Yi. Live Working Technology on Distribution Lines[M]. Beijing: China Power Press, 2002.

10

Оперативное управление и меры по ликвидации аварий

В этой главе представлена организация и оперативное управление безопасным выполнением работ под напряжением, и основное внимание уделяется разработке новых предметов производства работ, обучению техническим навыкам, а также мерам по ликвидации аварий на местах.

10.1 Оперативное управление

Практика показывает, что важно усиливать организационную структуру, улучшать навыки, методы и другие комплексные возможности штата для улучшения управления работами под напряжением, и обеспечения безопасности труда. Кроме того, необходимо стандартизировать и совершенствовать правила производства работ и нормативные положения, а также улучшать и совершенствовать инструменты и оборудование для выполнения работ без перерыва подачи электропитания потребителю на научной, стандартной и систематической основе.

10.1.1 Организация и управление

К работам под напряжением предъявляются высокие требования к квалификации техников и техническому оборудованию, поэтому необходимо создавать профессиональный отдел и группу. Кроме того, профессиональные и технические рабочие системы следует разрабатывать при участии главного инженера (ответственного лица), специальных дежурных техников отдела управления эксплуатацией и техническим обслуживанием и полевых инженеров в рабочем отделе, необходимо разрабатывать и контролировать соблюдение соответствующих правил производства работ и нормативных положений, организовывать формулирование эксплуатационных процедур, а также создавать или пересматривать методы работ для сложных операций и мер по технике безопасности. Также важно организовать обучение и обмен опытом техниками, организовать разработку и техническую оценку новых рабочих предметов и инструментов, усиливать применение новых инструментов и методик, организовывать и участвовать в расследовании и анализе аварий, формулировать предупредительные меры и готовить ежегодное краткое описание работ.

Соблюдение принципа четкого распределения индивидуальных обязанностей при иерархическом управлении, основные обязанности каждого техника на каждом уровне заключаются в следующем.

1) Главный инженер (ответственное лицо)

- 1) Определяет организационную структуру и управляет численностью персонала.
- 2) Изучает и утверждает рабочие процедуры, усиливает применение новых рабочих предметов и инструменты.
- 3) Изучает и утверждает план работ, особенно основные рабочие темы.
- 4) Изучает и утверждает планы покупки транспортных средств и оборудования, инструментов и защитного оборудования.
- 5) Координирует операции между соответствующими департаментами и подразделениями.

2) Дежурные инженеры в отделе эксплуатации и технического обслуживания

- 1) Составляют, контролируют, проверяют и выполняют годовые рабочие планы.
- 2) Управляют приемами работы; создают различные технические архивы и документы, регулярно составляют различные отчеты и своевременно сообщают о них в соответствующие отделы.
- 3) Организуют пересмотр процедур полевых операций, а также контролируют и проверяют выполнение процедур.
- Рассмотрение рабочих процедур для новых рабочих предметов. Исследование и изучение новых методов и технологий работы, а также определение планов по внедрению существующих методов работы.
- 4) Участие в разработке технических мер, организационных мер и мер безопасности для специальных рабочих предметов и руководство составлением сводных и аналитических отчетов.
- 5) Организуют пересмотр планов развития работ, а также собирают и обобщают информацию о событиях в мире. Изучение планов, схем новых рабочих предметов и подготовка технико-экономических обоснований.

Организация продвижения и применения новых методик и инструментов. Организация оценки

трудовых инновационных достижений.

6) Сотрудничество с отделом по надзору за безопасностью при расследовании аварий и принятие профилактических мер.

7) Оказание поддержки в обучении, оценке и аттестации технических техников и оценке рабочих проектов.

3) Полевые инженеры в рабочем отделе

1) Разработка, пересмотр и формулирование эксплуатационных процедур и технических мер, организационных мер и мер безопасности для специальных рабочих предметов.

2) Организация изучения рабочих процедур для техников и проведение плановых обучений для персонала на местах. Осуществление технологических инноваций и разработки новых инструментов.

3) Представление и продвижение новых методов работ, процессов и инструментов. Подача заявки на оценку новых рабочих предметов и инструментов.

4) Брать на себя ответственность за техническое управление на площадке. Составление начальных рабочих записей, подробных записей инструментов, краткое описание технических характеристик и сбор соответствующей информации. Получение различных технических записей и проектных статистических отчетов.

5) Предложение планов для приобретения автотранспортных средств и оборудования, инструментов и средств защиты.

10.1.2 Управление безопасностью

Персонал, связанный с управлением безопасностью работ под напряжением, включает издателей рабочих заданий, лиц, утверждающих работу, руководителей работ, руководителей работ и членов рабочей группы. Этот персонал должен сдавать экзамен на процедуры обеспечения безопасности, который организуется отделом по надзору за безопасностью каждый год. Квалификация безопасности этого персонала должна быть заверена и заявлена в письменной форме. Любой техник, который покидает рабочую группу или отсутствует на работе более трех месяцев, должен повторно сдавать этот экзамен и может снова принимать участие в работе только после прохождения экзаменационной оценки.

Техника безопасности на площадке имеет большое значение для производства работ под напряжением. Как только методы работ и технические меры безопасности определены для предмета производства работ, руководитель работ должен взять на себя полную ответственность за безопасность всего объекта, а техники должны следовать инструкциям руководителя работ. Руководитель работ (мастер) должен иметь практический опыт выполнения работ. Руководителя работ (мастера) назначает руководитель отдела. Мастер должен сдать экзамен, организованный отделом по надзору за безопасностью, результаты которого должны быть объявлены в письменном виде.

Основываясь на многолетнем опыте выполнения полевых работ далее приведено краткое изложение «десяти необходимых действий», «десяти запрещающих действий» и «десяти шагов» для ознакомления, запоминания и применения правил управления безопасностью.

1) «Десять необходимых действий»

1) Техники должны пройти обучение, сдать соответствующий экзамен и работать с сертификатами квалификации.

2) Предмет производства работ должен быть полностью обеспечен соответствующими типовыми рабочими инструкциями.

3) Рабочая площадка должна соответствовать метеорологическим условиям для выполнения работы.

4) Должны быть предусмотрены места для хранения рабочих инструментов, используемых для работ под напряжением.

5) Для выполнения соответствующих видов работ требуется наличие специальных электротехнических инструментов (в том числе подъемное устройство с изолирующим звеньями и платформами).

6) Необходимо правильно применять соответствующие изолированные средства защиты и страховочные приспособления.

7) Должны быть надежные меры изоляции и дополнительные меры защиты изоляции во время работы.

8) Должна быть принята политика выдачи наряд-заказов и прекращения работ.

- 9) Для осуществления надзорных функций должен быть назначен персонал.
 - 10) Электромонтеры должны быть сконцентрированы на работах и следовать инструкциям в процессе выполнения работ.
- 2) «Десять запрещающих действий»
- 1) Неисполнение изучения площадки перед началом работ.
 - 2) Начало работ без разрешения.
 - 3) Не рисковать, если рабочие условия не позволяют выполнять работы.
 - 4) Не обеспечение контроля за выполнением работ.
 - 5) Использовать рабочие инструменты в состоянии перегрузки.
 - 6) Использовать инструменты с нестандартными изоляционными свойствами.
 - 7) Превышение эффективного и безопасного рабочего расстояния.
 - 8) Отсоединение или подключение проводов с нагрузкой напрямую.
 - 9) Работать с контактами двухфазных проводов одновременно.
 - 10) Одновременное соединение двух отсоединенных конца одного и того же фазного провода.
- 3) «Десять шагов»
- 1) Проверить соответствующие данные, изучить условия труда на площадке и определить методы работы.
 - 2) Анализировать опасности и принимать меры по предотвращению и контролю рисков.
 - 3) Проверить работоспособность техников, инструментов и материалов и их соответствие требованиям работы на площадке перед началом работ.
 - 4) Распорядиться заданиями перед началом работы, и техник должен четко знать содержание, методы и этапы работ.
 - 5) Получить заказ до начала работы.
 - 6) Техники принимают правильные позиции и отвечают требованиям безопасности для рабочего пространства.
 - 7) Установить изолирующие крышки в соответствии с порядком «от ближнего к дальнему» и «внутри-наружу» и вытянуть их так, чтобы они перекрывали и закрывали экраны. Удалить их в обратном порядке.
 - 8) Отключить автоматические выключатели (разъединители) и снять нагрузку перед отсоединением или подключением проводов.
 - 9) Завершить работу шаг за шагом и поэтапно.
 - 10) После работы проверить и подтвердить, что никаких предметов не осталось, и рабочие покидают участок, прежде чем закрыть работу.

10.1.3 Соответствующие требования и технические стандарты

Соответствующие нормативы и технические стандарты должны соблюдаться при работах без перерыва. Должна быть создана осуществимая и целенаправленная система управления в сочетании с практическими условиями, чтобы лучше ориентировать фактические работы, постоянно улучшать методы работы, обеспечивать безопасность труда и содействовать здоровому развитию работы в режиме реального времени.

Бригада, выполняющая работы под напряжением, должна соблюдать следующие правила и технические стандарты:

- IEC 60743 Live working – Terminology for tools, equipment and devices / Производство работ под напряжением – Терминология, используемая для инструментов, оборудования и устройств
- IEC 60050 International Electrotechnical Vocabulary – Live working / Международный электротехнический словарь – производство работ под напряжением
- IEC 61299 Live working – Flexible conductor covers (line hoses) of insulating material / Производство работ под напряжением – Покрытия гибких проводов (проводов на линиях) из изолирующего материала
- IEC 60832 Live working – Insulating sticks and attachable devices / Производство работ под напряжением – Изолирующие штанги и соединительные устройства
- IEC 60903 / Live working – Electrical insulating gloves/ Производство работ под напряжением – Диэлектрические перчатки
- IEC 60984 Live working – Electrical insulating sleeves/ Производство работ под напряжением – Диэлектрические манжеты
- IEC 62192 Live working – Insulating ropes/ Производство работ под напряжением – Изорванные канаты

IEC 61057 Live working – Care maintenance and in-service testing of aerial devices with insulating booms/ Производство работ под напряжением – Обслуживание и сервисные испытания подъемных устройств с изолированными звеньями

IEC 60855 Live working - Insulating foam-filled tubes and solid rods / Производство работ под напряжением – Изолированные пено-заполненные гильзы и жестких жгутов

IEC 61235 Live working - Insulating hollow tubes for electrical purposes / Производство работ под напряжением – Изолированные полые гильзы для электротехнических работ

IEC 60984 Sleeves of insulating material for live working/ Манжеты из изоляционного материала для производства работ под напряжением

IEC 61278 Live working - Guidelines for dielectric testing of tools and equipment/ Производство работ под напряжением – Руководство к выполнению диэлектрических испытаний инструментов и оборудования

IEC 60060 High-voltage test techniques / Методы выполнения испытаний оборудования высокого напряжения

IEC 61057 Aerial devices with insulating boom used for live working/Подъемные устройства с изолированными звеньями для производства работ под напряжением.

А также, стандарты производства работ под напряжением и безопасного выполнения работ, составляемые самой службой.

10.1.4 Документы по оперативному управлению

Чтобы стандартизировать управление работами, без перерыва, рабочий отдел и команда должны создать и улучшить соответствующую документацию по управлению.

- 1) Соответствующие стандарты, руководства, процедуры и политики.
- 2) Рабочая политика управления.
- 3) Процедуры безопасности, рабочие процедуры и стандартизированные рабочие инструкции.
- 4) Рабочие планы, отчеты по заявкам и подтверждающие документы для новых рабочих предметов, инструментов и специальных рабочих предметов.
- 5) Рабочие записи моделирования для специальных сложных предметов и новых предметов.
- 6) Квалификационная экспертиза и утверждение документов для новых техников.
- 7) Рабочие записи, статистика, рабочие планы и рабочие отчеты.
- 8) Реестр техников и досье для техников, эксплуатирующих спецтехнику.
- 9) Записи экспертизы технической подготовки и техники безопасности, а также подтверждающие документы для рабочих.
- 10) Список издателей рабочих заданий и руководителей работ, а также их квалификационных и квалификационных аттестатов.
- 11) Подробный список, производственная информация и протоколы испытаний рабочих инструментов.
- 12) Записи аварий на производстве и исключений.

10.1.5 Оперативное управление новыми объектами

Новые рабочие предметы - это те, которые никогда не выполнялись коммунальными службами. Что касается реализации и развития нового предмета, сначала необходимо провести исследования необходимости и технико-экономического обоснования, а затем составить базовый план. Эксплуатационные процедуры и полные технические меры, меры безопасности и организационные меры выполняются посредством строгих испытаний и операций моделирования в условиях прерывания обслуживания. Кроме того, новый предмет должен пройти полевую оценку у профессиональных техников и инспекторов по технике безопасности. Соответствующие стандартизированные полевые рабочие инструкции должны быть подготовлены и представлены ответственному лицу или главному инженеру для утверждения. После того, как все это закончат, практическая операция может быть выполнена.

1) Инициирование

- 1) Рабочий отдел и группа предлагают новый предмет для разработки в соответствии с рабочими требованиями и представляют его в отдел эксплуатации и технического обслуживания на

рассмотрение.

2) Отдел эксплуатации и технического обслуживания рассматривает новый предмет. Если новое предметное предложение выполнимо, департамент представляет его ответственному лицу или главному инженеру. Затем можно начать исследование и разработку нового предмета.

3) Рабочий отдел и группа организуют опрос, изучение и исследование нового предмета в соответствии с утвержденными рабочими мерами, готовят план реализации и закупают необходимые изоляционные инструменты и средства защиты труда.

4) Рабочий отдел и группа подготавливают операционные процедуры в соответствии с навыками работы с новыми предметами, которые они использовали, и передают их в отдел ЭиТО для проверки.

2) Имитационная тренировка

1) После того, как инструменты приобретены, обучение имитации нового предмета выполняется на линии имитации в соответствии с операционными процедурами, чтобы позволить техникам овладеть навыками работы и мерами безопасности.

2) После имитационного обучения на линии имитации необходимо обратиться в отдел по эксплуатации и техническому обслуживанию для оценки.

После того, как оценка пройдена, можно провести имитационную тренировку на электролинии под напряжением.

3) Рабочие проводят моделированное обучение по утвержденным рабочим действиям на электролинии под напряжением в соответствии с операционными процедурами и осваивают основы работы.

4) После моделированного обучения на электролинии под напряжением необходимо еще раз обратиться в отдел управления ЭиТО для оценки.

Лицо, отвечающее за имитацию, должен вовремя делать записи об обучении, в том числе:

1) Небезопасные ситуации, возникающие в ходе учений (генерируются ли новые опасности);

2) Все проблемы во время тренировки;

3) Опасности во время тренировки;

4) Меры безопасности, которые должны быть приняты во время тренировки;

5) уместны ли рабочие инструменты и необходимо ли какое-либо улучшение; а также

6) Соответствуют ли рабочие инструкции фактическим полевым рабочим ситуациям.

Имитационная тренировка должна проводиться повторно.

Если позволяют условия, видео DV можно снять для изучения и улучшения. Рабочие инструкции могут постоянно улучшаться на основе результатов тренировки, и в конечном итоге формируются практические рабочие инструкции для новой работы.

3) Оценка и принятие

1) Перед тем, как новый предмет будет фактически выполнен, необходимо заполнить отчет о технической оценке и представить на рассмотрение отдел управления ЭиТО и отдел надзора за безопасностью. Новый предмет может быть применен после одобрения ответственным лицом или главным инженером.

2) К отчету должны быть приложены следующие документы технической оценки:

i) полевые рабочие инструкции и технические меры безопасности для нового предмета;

ii) сводка исследований и разработок по новой теме; а также

iii) Условия тренировки нового предмета.

4) Применение и нормализация

После практического применения нового предмета в течение определенного периода, рабочие процедуры и рабочие инструкции будут постоянно совершенствоваться. После того, как условия достигнуты, новый предмет может быть преобразован в обычный предмет после одобрения ответственным лицом или главным инженером.

10.1.6 Управление новыми проектами НИИ

Новые предметы, которые являются технически сложными, трудными и требуют исследовательских тропинок, могут быть включены в научно-исследовательские проекты предприятия, которые необходимо решить. Они изучаются отделом, который осуществляет научно-исследовательские проекты в соответствии с методами управления научно-техническими проектами предприятия. Если достижения достигнуты, необходимо подать заявку на техническую оценку и принятие проекта. В завершении, шаги (2) - (4) в вышеупомянутом разделе «Управление новыми работами» должны быть

исполнены для целей постепенной популяризации и применения.

10.2 Обучение и организация работ

Работа под напряжением - это особый вид работ, который предъявляет как высокие технические требования, так и высокие требования к безопасной эксплуатации. Важно усилить обучение, оценку и управление техниками на местах.

10.2.1 Вводный инструктаж для новых техников

Новые техники относятся к тем техникам, которые недавно принимают участие в работе по прерыванию обслуживания. Техники должны быть в добром здравии и не иметь физиологических и психологических барьеров, мешающих работе. Предпочтение отдается хорошим техническим специалистам, имеющим более трех лет опыта работы с распределительными линиями. Новые техники должны сначала принять участие в обучении и проверке подлинности, проводимые профессиональными учебными заведениями, получить базовые знания о работе без перерыва и пройти обучение по моделированию практической эксплуатации оборудования. Затем новые техники должны сдать экзамен и получить рабочие сертификаты квалификации в электролинии под напряжением, выданные учебным заведением. После этого работодатель должен провести обучение перед началом работы и имитационные тренировки и назначить опытных техников или механиков для подробной интерпретации правил техники безопасности и процедур эксплуатации на площадке для новых техников. Новые техники должны изучить структуру, спецификацию, производительность, цель, область применения и метод работы широко используемых изоляционных инструментов. Новые техники не могут выполнять работу, не связанную с прерыванием работы, только что утвержденного субъекта, если они не работают хорошо в работе имитационного оборудования и автономного полевого оборудования и не получают письменного одобрения от работодателя.

10.2.2 Ежедневная подготовка техников

Рабочий отдел (полевая группа) должен подготовить годовой план обучения техников и провести специализированное обучение в соответствии с годовым (квартальным) планом обучения. Кроме того, необходимо уделять внимание ежедневным тренировкам и учебе. Обучение должно быть не менее восьми часов в течение месяца. Содержание обучения включает в себя базовые рабочие знания, а также правила и нормы, фактическую практику эксплуатации, технические вопросы и ответы и пояснения, технические детали перед выполнением сложных работ и учения по предотвращению несчастных случаев.

Руководитель полевой работы (включая руководителя работ) несет большую ответственность, поскольку он организует работу на месте. Поэтому в дополнение к общему обучению работе они также должны пройти специальное обучение навыкам организации и способности реагировать на непредвиденные события во время работы, чтобы постоянно улучшать свои теоретические и практические навыки работы.

10.2.3 Оценка и управление деятельностью техников

Оценка (включая проверку процедур и базовых знаний) техников должна проводиться не реже одного раза в год.

Результат экзамена должен быть записан в акте эксплуатации.

Если техник не сдал экзамен, он/она должен сдать экзамен снова, пока он/она не сдаст экзамен. В противном случае его/ее сертификат будет отозван, и ему/ей не будет разрешено участвовать в работе. Если техник находится вне рабочей силы более трех месяцев, он должен пройти предварительное обучение и снова сдать экзамен. Он/она должен также выполнить соответствующие формальности утверждения, прежде чем работать снова. Рабочая группа также должна оставаться относительно стабильной, и любые кадровые изменения должны быть одобрены компетентным отделом.

Работа, без перерыва, является высокотехнологичной профессией. Для стабилизации рабочей силы и обеспечения нормального развития и постоянного роста рабочей силы должен быть создан соответствующий механизм стимулирования и должны быть приняты меры стимулирования для полной мобилизации энтузиазма техников.

10.2.4 Учебная база

Предприятие, выполняющее работу электролинии под напряжением, должно создать учебную базу для работы без перерыва в обслуживании, в которой должны быть предоставлены линии моделирования, оборудование и места. Обучение и ротационная тренировка должны проводиться на регулярной основе. Эта база также может служить базой для имитационного обучения для разработки новой темы работы. Кроме того, на базе могут проводиться рабочие обучения и соревнования, чтобы повысить квалификацию техников и повысить квалификацию технических техников. Организация, предлагающая квалификационное обучение для работы в электролинии под напряжением, должна быть одобрена вышестоящим отделом или общепризнанным учреждением и предоставлять рабочие места, обучение учителей и рабочие инструменты в соответствии с минимальными требованиями.

1) Рабочие места и оборудование

1) Имитация воздушной линии. Должна быть, по крайней мере, одна или несколько линий электропередачи с участками деформации. Линия должна быть оборудована опорами подвески, опорами натяжения, платформами трансформаторов, ответвлениями и выключателями.

2) Изоляционные рабочие инструменты, включая различные типы изолирующих ручных штанг, изолирующие экранирующие крышки, изолирующие защитные приспособления и надземные устройства с изолирующим звеном. Воздушные устройства с изолирующим звеном могут быть постоянно оборудованы или развернуты на других предприятиях, выполняющих работы в режиме реального времени.

3) Материалы и инструменты, необходимые для имитационных работ.

2) Подготовка учителей

1) Лекторы, обладающие специальными теоретическими знаниями в области электроэнергетики и имеющие профессиональные и средние звания, располагаются в соответствии со шкалой обучения.

2) Несколько демонстрационных техников (или инструкторов-стажеров 1-го уровня), которые имеют реальный опыт работы в полевых условиях и занимаются работой в электролинии под напряжением и навыками, организованы в соответствии со шкалой обучения.

3) Несколько руководителей полевых групп или ключевой технический персонал, которые имеют опыт работы по распределению в электролинии под напряжением не менее пяти лет, назначаются руководителями и супервайзерами для полевых работ в соответствии со шкалой обучения.

4) Лекторы по теоретическим знаниям и техники демонстрации работы должны иметь возможность самостоятельно готовить учебные курсы по распределенной работе в электролинии под напряжением, включая принципы работы в электролинии под напряжением, рабочие инструменты, защитные устройства, фундаментальные теории электротехники и методы работы. Они должны быть в состоянии полностью понять и усвоить национальные, промышленные и полевые требования для работы в электролинии под напряжением.

10.3 Оперативные меры по ликвидации аварий

Должен быть создан аварийный механизм для обработки нештатных или внезапных происшествий, которые могут произойти во время работы, с целью улучшения нормальных рабочих навыков и способностей к работе в чрезвычайных ситуациях, минимизации последствий и потерь, вызванных аварийными ситуациями, возникающими во время работы, и предотвращения несчастных случаев, повреждений объектов электроэнергетики и рабочие инструменты, перебои в подаче электроэнергии в распределительных сетях и другие аварии.

10.3.1 Меры по ликвидации аварий в экстремальных погодных условиях

1) Приборы для измерения влажности и скорости ветра должны быть оборудованы на месте. Руководитель работ должен следить за погодными условиями на месте и предвидеть любые резкие изменения погоды на месте. При необходимости следует своевременно принять меры, чтобы прервать работу.

2) Во время работы, если сила ветра резко превышает шкалу 5 или если идет сильный дождь, который непосредственно влияет на работу, руководитель работ должен предпринять следующие эффективные меры в соответствии с полевыми ситуациями для обеспечения безопасности персонала и оборудования.

1) Когда электротехнические инструменты и защитные приспособления, установленные на оборудовании, и традиционные работы ставят под угрозу безопасную эксплуатацию оборудования, техники должны немедленно прекратить свою работу, быстро оставить токоведущие части и вернуться на землю. Работа не может быть продолжена, если метеорологические условия не подходят для работы.

2) Когда электротехнические инструменты и защитные приспособления, установленные на оборудовании, и традиционные работы ставят под угрозу (или будут угрожать при изменении климата) безопасную эксплуатацию оборудования, руководитель работ может попросить электромонтеров быстро удалить электротехнические инструменты и защитные приспособления и временно приостановить работу, исходя из соображений обеспечения безопасности персонала и оборудования. Если условия на площадке не позволяют демонтировать электротехнические инструменты, а также защитные приспособления под напряжением, и принятые на исполнение работы не могут быть выполнены, руководитель работ должен доложить об этом в отдел планирования и подать заявку на обесточивание оборудования или его переключение в холодном режиме ожидания. Снятие электротехнических инструментов и защитных приспособлений и выполнение принятых на исполнение работ не допускается без предпринятых мер безопасности.

3) Когда идет дождь, изолирующая часть надземного устройства с изолирующим звеном должна быть надлежащим образом закрыта. Изоляционные инструменты, на которые воздействует влажность, следует вытереть мягкими сухими салфетками (полотенцем) и положить в специальную инструментальную тележку, ящик для инструментов или сумку для инструментов. Их не следует использовать снова, пока они не пройдут соответствующую проверку.

3) Во время работы под напряжением, если влажность превышает 80% и продолжает увеличиваться, руководитель работ должен предпринять действия в соответствии с вышеуказанными требованиями. Изоляционные инструменты, на которые воздействует влажность, следует вытереть мягкими сухими салфетками (полотенцами) и положить в специальную инструментальную тележку, ящик для инструментов или сумку для инструментов. Их не следует использовать снова, пока они не пройдут соответствующую проверку.

4) Если во время работы под напряжением слышен гром или возможен гром и молния, руководитель работ должен попросить электромонтеров немедленно прекратить свою работу и быстро оставить детали под напряжением. Если условия безопасности соблюдены, с разрешения руководителя электромонтеры могут снять рабочие инструменты и защитные приспособления, установленные на оборудовании.

10.3.2 Экстренные меры в случае поломки рабочих инструментов

1) Экстренные меры при смещении или выхода из строя подъемного устройства с изолирующим звеном

1) В случае смещения подъемного устройства с изолирующим звеном из-за внешней силы во время работы, если электромонтеры в изолированной корзине не получают поражения электрическим током, руководитель работ должен немедленно контролировать условия на площадке и судить, подвержены ли техники риску удара током.

2) В случае смещения, если устойчивость подъемного устройства с изолирующим звеном не нарушена и гидравлическая система все еще может функционировать нормально, руководитель работ должен дать указание техникам прекратить свою работу и безопасно вернуться на землю. Кроме того, руководитель работ должен провести комплексную проверку повреждений оборудования и состояния техников в изолированной корзине и быстро справиться с аварией.

3) В случае смещения, если подъемное устройство с изолирующим звеном теряет устойчивость и гидравлическая система не может работать нормально, руководитель работ должен дать указание техникам сохранять спокойствие и прекратить свою работу. Запрещается продолжать эксплуатировать подъемное устройство с изолирующим звеном. Кроме того, операторы подъемного устройства с изолирующим звеном должны, как можно скорее, возвращены на землю в соответствии с полевыми условиями.

4) В случае смещения подъемного устройства с изолирующим звеном из-за внешней силы во время работы, если техники в изолированной корзине получили электрический удар, руководитель работ должен немедленно организовать персонал для оказания неотложной помощи в соответствии с чрезвычайными мерами по поражению электрическим током.

5) В случае смещения подъемного устройства с изолирующим звеном под действием внешней силы во время выполнения работ, если техник упал из изолированной корзины, руководитель работ должен немедленно организовать персонал для оказания неотложной помощи в соответствии с мерами при нанесении травмы, вызванной падением.

6) Если подъемное устройство с изолирующим звеном выходит из строя из-за потери мощности во время работы, техники в изолированной корзине должны прекратить свою работу и задействовать «аварийный насос», чтобы вернуться на землю и устранить неисправность. Время каждого непрерывного использования «аварийного насоса» не должно превышать 30 с, а интервал между двумя операциями должен составлять 30 с. Если «аварийный насос» не может работать, руководитель работ должен отвести техников надземного устройства с изолирующим звеном обратно на землю в соответствии с полевыми условиями.

2) Экстренные меры при выходе из строя изоляционных инструментов и защитных приспособлений

1) В случае повреждения, выхода из строя или деформации какого-либо электротехнического инструмента или защитного устройства во время работы рабочие должны немедленно прекратить свою работу, проверить фактическое состояние электротехнического инструмента, защитного устройства или рабочего оборудования и сообщить об этом руководителю работ. Если руководитель работ подтверждает, что работа может продолжаться после замены вышедшего из строя электротехнического инструмента или защитного приспособления, должен быть составлен рабочий план замены. Маленькие изолирующие инструменты или защитные приспособления не могут заменить большие, и новые изолирующие инструменты или защитные приспособления должны соответствовать требованиям полевых работ.

2) Во время работы, если любое повреждение, поломка или деформация какого-либо электротехнического инструмента или защитного устройства угрожают безопасности персонала и оборудования, рабочие должны немедленно прекратить свою работу и покинуть рабочую зону. В то же время руководитель работ должен немедленно сообщить об этом в отдел планирования и подать заявку на обесточивание рабочего оборудования или переключение его в состояние холодного резерва. Обслуживание не допускается, если не приняты меры безопасности.

3) Поврежденные, вышедшие из строя или деформированные изолирующие инструменты или защитные приспособления должны быть возвращены для анализа и идентификации, чтобы найти слабые элементы и определить меры по улучшению.

10.3.3 Экстренные меры при причинении вреда здоровью или жизни работника

1) Экстренные меры при поражении электрическим током

1) Немедленно отключите источник электричества. Прежде всего, сделайте так, чтобы пострадавший был освобожден от источника электричества как можно быстрее. Отключите все автоматические выключатели, отсоедините выключатели или другие переключающие устройства оборудования, находящегося под напряжением, которое вызвало поражение электрическим током или постарайтесь, чтобы пострадавший покинул оборудование, находящееся под напряжением. Во время этого процесса спасатели должны обращать внимание на собственную безопасность.

2) В случае поражения электрическим током высокого напряжения любой из следующих способов может быть использован для того, чтобы пострадавший был отсоединен от источника тока.

- i) Немедленно уведомите соответствующее электроснабжающее предприятие или клиента и попросите их отключить питание цепи, в которой происходит поражение электрическим током.
- ii) Наденьте изолирующие перчатки и изолирующую обувь и используйте электротехнический инструмент соответствующего уровня напряжения, чтобы последовательно извлечь выключатель питания или предохранитель.
- iii) Бросьте оголенный металлический провод для короткого замыкания и заземлите цепь, в результате чего защитное устройство сработает и отключит источник электричества. Прежде чем бросить металлическую проволоку, закрепите один конец металлической проволоки и надежно заземлите. Затем привяжите тяжелый предмет к другому концу и бросьте его. Брошенный конец не должен коснуться пострадавшего или других людей. Кроме того, после броска провода человек, который бросает провод, должен быстро уйти и находиться на расстоянии более 8 м от заземленного металла или с сомкнутыми ногами, чтобы предотвратить травму от скачков напряжения. При броске провода с коротким замыканием обратите внимание на то, чтобы

электрическая дуга не причинила вреда людям, а также не допустите, чтобы обрыв провода ставил под угрозу безопасность персонала.

3) После того, как пострадавший удален от источника тока, спасательная служба должна быстро оценить его/ее травматическое состояние и провести лечение в соответствии с состоянием. В то же время необходимо обратиться к врачу центра неотложной медицинской помощи (медицинское отделение) для дальнейшего лечения.

Доступны различные методы оказания первой помощи (см. Таблицу 10.1) в зависимости от состояния раненного.

Приступите к «немедленной сердечно-легочной реанимации (СЛР)» в особых случаях.

4) Каждая минута считается первой помощью при поражении электрическим током.

Прежде чем медицинский персонал начнет лечение, нельзя останавливать спасательные меры. Также запрещено отказываться от помощи только из-за отсутствия дыхания или биения сердца. Только врач имеет право установить смерть. Когда медицинский персонал берет на себя лечение, необходимо напомнить медицинскому персоналу, что спасательные меры не должны прекращаться при транспортировке пострадавшего в больницу.

Таблица 10.1 Меры оказания первой помощи травмированным электрическим током пациентов, находящихся в разных состояниях.

Разум	Сердцебиение	Дыхание	Меры лечения
сознание	да	да	уложить неподвижно; держать в тепле; внимательно наблюдать
кома	нет	да	наружный массаж сердца
кома	да	нет	искусственная вентиляция лёгких изо рта в рот (нос)
кома	нет	нет	наружный массаж сердца и искусственная вентиляция лёгких изо рта в рот (нос)

5) Поскольку несчастные случаи происходят и ночью, необходимо установить временное освещение, чтобы облегчить спасение и избежать любого инцидента. Однако это не должно вызывать каких-либо задержек при отключении питания и оказании первой помощи.

6) В случае получения электрического ожога, рану следует промыть и не допускать загрязнения. Одежда, обувь и носки пострадавшего должны быть разрезаны ножницами и затем сняты. Все раны должны быть покрыты чистой тканью для предотвращения загрязнения. В случае ожогов конечностей раны следует сначала промыть чистой холодной водой, а затем накрыть чистой тканью или стерильной марлей. После этого пострадавшего следует отправить в больницу.

Без разрешения медицинского персонала, никакие лекарства не должны применяться к пострадавшим частям тела.

По дороге в больницу, если позволяют условия, пострадавшему необходимо ввести перорально небольшое количество солевого раствора глюкозы.

2) Экстренные меры при травме, вызванной падением

1) Экстренные меры при травме следуют принципу спасения, фиксации и перемещения. Должны быть приняты меры против ухудшения травмы или загрязнения. Если требуется стационарное лечение, следует немедленно принять меры для защиты раненого перед отправкой в больницу. Условия для успешной первой помощи - быстрые действия и правильная работа. Любая задержка или неправильная операция могут усугубить травматическое состояние и даже привести к смерти.

2) Перед спасением необходимо заставить раненого лежать спокойно и наблюдать за его/ее общим физическим состоянием и степенью травмы, такой как кровотечение, перелом или шок.

3) В случае наружного кровотечения следует немедленно принять кровоостанавливающие меры для предотвращения шока из-за чрезмерной потери крови. Если нет видимой травмы, но раненый находится в состоянии шока, оглушения или комы, следует рассмотреть возможность травмы грудной клетки, органов брюшной полости или головного мозга.

4) Рана должна быть покрыта чистой тканью для предотвращения раневой инфекции. Спасатели не должны касаться раны руками и не должны пытаться проникнуть в рану или применять

лекарства небрежно.

5) Во время операции по спасению раненый должен лежать на носилках так, чтобы его/ее талия была привязана к носилкам во избежание падения. На ровной поверхности голову раненого кладут на спину; при подъеме наверх, вниз или вниз склоняется голова с верхней стороны. В это время необходимо внимательно следить за ранеными, чтобы избежать травм.

6) Если кровь вытекает из раны, стерильная марля, которая немного больше раны, должна быть использована для покрытия раны на несколько слоев, и рана должна быть перевязана. Если из раны все еще вытекает большое количество крови после перевязки, можно добавить повязку для создания давления и остановки кровотечения.

7) В случае всплеска кровотечения из раны или выделения ярко-красной крови из раны может возникнуть артериальное кровоизлияние, и необходимо немедленно применить чистые пальцы, чтобы надавить на верхнюю часть (проксимальную часть) геморрагического пятна, для нарушения потока крови, и конечность с кровотечением должна быть поднята или поднята.

8) При использовании жгута или эластичной ткани для остановки кровотечения необходимо сначала положить под жгут несколько слоев мягкой ткани или рукава раненого, а затем затянуть жгут до исчезновения акро-артериального пульса. Для верхней конечности жгут ослабляют каждые 60 минут в течение 1-2 минут; для нижней конечности жгут ослабляют каждые 80 мин в течение 1-2 мин. Время начальной затяжки и каждое ослабление должно быть указано рядом со жгутом. Продолжительность затяжки не должна превышать 4 ч. Жгут не должен использоваться в одной трети положения плеча и подмышечной впадины, чтобы предотвратить травмы нерва. Жгут можно снять, если нет массивного кровоизлияния при расслаблении.

9) Запрещается использовать электрический провод, железный провод или шнур в качестве жгута.

10) Любая авария при падении с высоты может привести к разрыву грудной клетки или брюшной полости и кровоизлиянию. У раненого человека нет явного кровотечения, но часто проявляется бледный цвет лица, отсутствие пульса, одышка, капающий холодный пот, холодные конечности, дисфория и даже оглушение или шок. Необходимо, чтобы раненого быстро уложили, подняли нижние конечности, согрели его и немедленно отправили в больницу. Если транспортировка пациента в больницу занимает много времени, раненого можно заставить выпить небольшое количество солевого раствора глюкозы.

11) В случае перелома конечности для иммобилизации верхних и нижних суставов сломанной кости могут быть использованы шины, деревянные палочки или бамбуковые шесты, или туловище раненого может быть использовано для иммобилизации во избежание движения место перелома, уменьшить боль и предотвратить дальнейшие травмы. В случае открытого перелома с массивным кровоизлиянием, сначала необходимо остановить кровотечение с последующей фиксацией. Чистая ткань используется для покрытия раны, и раненый должен быть немедленно отправлен в больницу. Запрещается толкать открытую сломанную кость обратно в рану.

12) Если есть подозрение на травму шейного отдела позвоночника, после того, как раненого уложат на полу, мешки с песком (или другие альтернативы) помещают с обеих сторон головы, чтобы обездвижить шею. Если требуется дыхание изо рта в рот, необходимо только поднять подбородок, чтобы сделать дыхательные пути свободными.

Запрещается наклонять голову назад или поворачивать голову, чтобы предотвратить паралича верхних или нижних конечностей или смерть.

13) В случае перелома поясничного отдела необходимо, чтобы раненый лежал на плоской и жесткой деревянной доске и обездвиживал поясничный торс и нижние конечности, чтобы предотвратить паралич. При обращении с раненым несколько человек должны совместными усилиями поддерживать стабильное состояние раненного и избегать ухудшения.

14) В случае черепно-мозговой травмы необходимо, чтобы раненый лежал ровно, и держать дыхательные пути свободными. При рвоте, необходимо удерживать голову и туловище при одновременном повороте головы и туловища, во избежание удушья, вызванного рвотой.

15) Если жидкость вытекает из ушей и носа, запрещается закрывать уши или нос ватой. Вместо этого, следует осторожно протирать жидкостью, чтобы снизить внутричерепное давление. Также запрещается сильно сморкаться, чтобы устранить попадание жидкости в нос или повторное всасывание жидкости в нос.

16) В случае черепно-мозговой травмы состояние раненого может быть сложным и изменчивым. Запрещено кормить раненого, необходимо немедленно отправить раненного в больницу.

10.3.4 Обучение и учебные сборы

Что касается планов действий в чрезвычайных ситуациях, необходимо организовать регулярные обучения и учебные сборы. Весь заинтересованный персонал должен пройти целевые обучения и учебные сборы по предотвращению несчастных случаев и должен включать координирующий персонал и ответственный персонал, которые прямо или косвенно участвуют в работе в чрезвычайных ситуациях.

Литература

- 1 Li Tianyou, Jin Wenlong, Xu Binyin. Distribution Techniques[M]. Beijing: China Power Press, 2008.
- 2 Li Tianyou, Lin Qiuji. Practical Skills in MV-LV Distribution Networks[M]. Beijing: China Power Press, 2012.

Приложения

Рабочие инструкции для производства работ при бесперебойной подаче электропитания потребителю (Шаблон)

Подключение обходной перемычки без нагрузки на линии под напряжением 10 (кВ) (Метод выполнения работ с диэлектрическими перчатками на подъемном устройстве с изолирующими звеньями)

Составил: _____ (MMDDYY)

Проверил: _____ (MMDDYY)

Утверждаю: _____ (MMDDYY)

Руководитель: _____

Линия: _____

Задание: _____

A1 Сфера применения

Рабочие инструкции применимы к подключению обходной перемычки без нагрузки на линии под напряжением 10 (кВ) от компании XX с использованием метода работы на подъемном устройстве с изолирующими звеньями.

A2 Подготовка к работе

A2.1 Подготовительные мероприятия

№	Содержание	Требования	Ответственно е лицо	Примечани я
1	Исследуйте участок	Изучите состояние линии и мачты на участке, а также окружающую обстановку, топографические и географические условия, оцените, возможно ли проводить работы под напряжением, и определите план действий.		
2	Ознакомление с соответствующими материалам	Изучите соответствующие чертежи, спецификации линий и оборудования, свойства и несущую способность; проверить режим работы системы проводов; выбрать методы работы и инструменты; примите решение, нужно ли отключить автоматизированное повторное включение питания		
3	Определение метеорологических условий на площадке	Определить, соответствуют ли метеорологические условия требованиям к проведению работ под напряжением		
4	Обучение персонала рабочим инструкциям	Досконально изучить все рабочие процедуры		

A2.2 Требования к персоналу

№	Содержание	Требования	Ответственное лицо	Примечания
1	Компетентность: иметь действующее разрешение на работы под напряжением; быть знакомым с рабочими инструментами, а также с характеристиками и способом использования подъемного устройства с изолирующим звеном			
2	Физические требования: необходимо проходить регулярные медицинские обследования и приступать к работе с хорошим психическим состоянием и без физиологических и психологических отклонений, которые могут помешать работе на линиях под напряжением			
3	Безопасность: знать технику безопасности на производстве и проходить оценку знаний процедур техники безопасности			
4	Руководитель участка: имеет сертификат соответствия требованиям для работы на распределительных линиях под напряжением и практический опыт работы под напряжением; иметь сильные организаторские способности и способность справляться с непредвиденными ситуациями			

A2.3 Инструменты

№	Название	Модель / спецификация	Единица измерения	Количество	Примечания
1	Подъемное устройство с изолирующими звеньями			1	Выберите инструменты, которые будут использоваться в соответствии с ситуацией на участке
2	Диэлектрическое покрытие		Штука	6 (см. литературу)	
3	Изолированный жгут			1	
4	Защитное покрытие провода (перемычки)			3 (см. литературу)	
5	Крюк для крепления изолированного провода			1	
6	Диэлектрические перчатки		Пара	2	
7	Защитные рукавицы		Пара	2	
8	Изолирующая накладка			2	
9	Клиновой зажим		Упаковка	1	
10	Скоба для крепления изолированного провода			1	
11	Детектор утечки тока на изолирующей штанге			1	
12	Диэлектрическая защитная каска			2	
13	Проволочный отсекатель			1	
14	Внутренняя телефонная связь (Интерфон)			2	

Механическая и электрическая прочность электротехнического инструментария должна соответствовать требованиям безопасности, и инструменты должны проходить регулярный осмотр.

A2.4 Материалы

√	№	Название	Модель	Единица измерения	Количество	Примечания
	1	Провод		м	В соответствии с требованиями	
	2	Зажим			3	

A2.5 Анализ опасных точек

√	№	Содержание
	1	Несоблюдение правил эксплуатации подъемного устройства с изолирующим звеном может привести к падению с большой высоты и механическим повреждениям.
	2	Не соответствующее требованиям безопасности к расстоянию электромонтеров, инструментов и материалов от соседних деталей под напряжением и заземленных частей во время работы может привести к поражению электрическим током.
	3	Поворотные обходные перемычки при подключении могут касаться заземленных частей и соседних частей под напряжением
	4	Одновременный контакт двухфазных проводов или двух отключенных концов не подключенных проводов может привести к подключению человеческого тела к электрической цепи.
	5	После подключения провода на одной фазе при контакте голыми руками с несвязанными проводами других фаз без принятия мер предосторожности может привести к поражению электрическим током.
	6	Подъемное устройство с изолирующим звеном сталкивается с другими транспортными средствами; пешеходы заходят на рабочую площадку; Падающие с высоты предметы причиняют могут причинить людям вред
	7	Используемые изолирующие инструменты неприемлемы, а диэлектрические коврики ненадлежащего качества
	8	Средства индивидуальной защиты не используются согласно требованиям
	9	Резкая смена погоды
	10	Подключение осуществляется под нагрузкой или заземлением
	11	Длина линии (кабеля) свободной от нагрузки превышает указанное значение
	12	Неправильное положение фаз при подключении обходных перемычек

A2.6 Меры безопасности

✓	№	Содержание
	1	Перед использованием подъемного устройства с изолирующим звеном установите его в парковочное положение. После установки подъемного устройства с изолирующим звеном в парковочное положение однократно выполните пробный запуск с пустой корзиной, чтобы убедиться в исправности гидравлической, приводной, поворотной и подъемной систем, а также, что их рабочие и тормозные устройства надежно функционируют. Во время работы двигатель не должен останавливаться. Металлическая часть нижнего сегмента изолирующего звена во время поднятия и вращения должна находиться на расстоянии более 0,9 (м) от токоведущих частей. Во время работы изолирующее звено выдвигается на 1,0 (м) и выше. Корпус подъемного устройства с изолирующим звеном должен быть надежно заземлен во время работы.
	2	Электромонтеры должны находиться на безопасном расстоянии. В случае работы на 10 (кВ) линии безопасное расстояние от электромонтеров, инструментов и материалов до соседних токоведущих частей должно быть не менее 0,6 (м), а безопасное расстояние от электромонтеров, инструментов и материалов до заземленных частей не должно быть меньше, чем 0,4 (м). Если требования о безопасном расстоянии не могут быть соблюдены, в качестве надежной изоляции следует использовать диэлектрические коврики.
	3	Перед подключением обходные перемычки должны быть закреплены изолирующим зажимом или изолированным проводом, чтобы предотвратить раскачивание. При перемещении обходных перемычек необходимо обеспечить достаточно безопасное расстояние от соседних фазных частей под напряжением и заземленных частей. Если данные меры безопасности не могут быть соблюдены, то находящиеся рядом фазы и заземленные части должны быть надежно изолированы.
	4	Запрещается одновременное контактирование двухфазных проводов или двух отключенных концов неподключенных проводов, чтобы предотвратить подключение человеческого тела к электрической цепи.
	5	Когда однофазные провода подключены, провода в несвязанных фазах будут запитаны индукцией. Во избежание поражения электрическим током, прежде чем соприкасаться с проводами, необходимо принять меры безопасности.
	6	В рабочей зоне должны быть установлены защитные ограждения и знаки для предотвращения доступа транспортных средств и пешеходов. Персонал должен быть подготовлен для наблюдения за сложными зонами.
	7	Запрещено брать на участок не соответствующие требованиям инструменты. Перед началом работы необходимо проверить инструменты на наличие повреждений, деформации или поломки. Во время работы важно защищать инструменты от грязи и влаги. Зона покрытия и перекрывающая часть диэлектрических ковриков должна быть больше 0,1 м.
	8	Электромонтеры на участке должны надлежащим образом надевать защитные средства. Рабочие в изолирующей корзине должны носить приемлемые и отвечающие требованиям изолирующие защитные средства. Эти средства должны иметь чистый внешний вид и не иметь повреждений.
	9	В случае любого из следующих обстоятельств, таких как гром, дождь, снег, туман, сила ветра более 5-й шкалы или относительная влажность более 80%, работу следует немедленно прекратить и быстро отключить источники питания. Рабочие инструменты могут быть сначала отключены и отсоединены, если погодные условия того позволяют, чтобы защитить изолирующее оборудование и тем самым обезопасить персонал.

- 10 Ответственные лица должны быть подготовлены для наблюдения за работой под напряжением и не должны одновременно выполнять эксплуатационные работы. Диапазон контроля не должен превышать границы рабочего участка.
- 11 Наземным электромонтерам запрещается выполнять какие-либо действия под рабочим участком. Электромонтеры в изоляционной корзине должны обращать внимание на падающие предметы, которые могут причинить вред людям.
- 12 Ответственные лица должны быть подготовлены для проверки отсутствия нагрузки на линию. Длина линии без нагрузки не должна превышать 10 (км), а длина кабеля не должна превышать 0,5 (км).
- 13 Подключение обходных перемычек под напряжением не может осуществляться, не убедившись, что линия не имеет заземления, хорошей изоляции, правильного положения фазы, а также нет электромонтеров, работающих на линии.
- 14 Необходимо определить, следует ли отключить автоматизированное повторное включение питания согласно данной ситуации.

A2.7 Распределение нагрузок

√	№	Содержание	Ответственное лицо
	1	Один руководитель, который отвечает за подготовку всего рабочего плана, мер безопасности, расстановку персонала и контроль безопасности во время работы	
	2	Два электромонтера в изоляционной корзине	
	3	Один-два наземных электромонтера, которые отвечают за передачу инструментов и материалов, а также за управление работами на участке	

A3 Рабочие процедуры

A3.1 Начало работы

√	№	Содержание	Ответственное лицо
		<p>Руководитель раздает наряд-заказы для выполнения работ под напряжением</p> <p>Диспетчер уведомляет о том, что автоматизированное повторное включение было отключено, и подтверждает, что меры безопасности, связанные с линией, были приняты, а затем дает разрешение на работу.</p> <p>Руководитель проводит планерку, чтобы уточнить распределение функциональных обязанностей, назначить задачи персоналу, объяснить меры безопасности и меры предосторожности. Персонал должен подтвердить все вышеперечисленные пункты. Руководитель несет ответственность ведение записей и рабочие должны подписать подтверждение о проведенной планерке. Руководитель дает приказ о начале работ</p>	

А3.2 Содержание работы и технические требования

№	Содержание	Этапы и требования	Меры безопасности и предосторожности	Подпись ответственного лица
1	Проверьте инструменты	<p>1) Правильно используйте средства индивидуальной защиты, которые имеют надлежащий размер и герметично надеты.</p> <p>2) Наземные электромонтеры проверяют, все ли инструменты укомплектованы</p> <p>3) Наземные электромонтеры устанавливают защитные ограждения и надежно заземляют подъемное устройство с изолирующим звеном.</p> <p>4) Однократно выполните пробный запуск подъемного устройства с изолирующим звеном \ с пустой корзиной в заданном положении.</p>	<p>1) Руководитель должен контролировать и проверять, правильно ли рабочие надевают средства индивидуальной защиты</p> <p>2) Перед началом работы необходимо проверить инструменты на наличие повреждений, деформации или поломки. При проверке изоляционных инструментов необходимо надевать чистые и сухие перчатки и не допускать попадания изоляционных инструментов на грязь и влагу во время использования.</p> <p>3) Убедитесь, что гидравлическая, приводная, вращающаяся и подъемная системы подъемного устройства с изолирующим звеном находятся в надлежащем состоянии, а их рабочие и тормозные устройства надежно функционируют. Корпус подъемного устройства с изолирующим звеном должен быть хорошо заземлен</p>	
2	Управляйте подъемным устройством с изолирующим звеном	Двое электромонтеров в изолирующей корзине надевают изолирующие средства защиты, держат изолированные жгуты и несколько небольших приспособлений для входа в изолирующую корзину. Поднимите изолирующую корзину до заданного положения	Электромонтеры должны стабильно эксплуатировать изолирующую корзину, а руководитель должен помогать в мониторинге и наблюдении за окружающей обстановкой и своевременно оповещать о любом происшествии.	
3	Подготовьте диэлектрические коврики	Двое электромонтеров в изолирующей корзине совместно используют изолирующие устройства для	Диэлектрические коврики должны быть установлены в порядке «от дальнего до ближнего» и «от высокого до низкого»	

		экранирования и изоляции деталей под напряжением, которые в свою очередь не соответствуют требованиям о безопасном расстоянии		
4	Подключите обходные перемычки на линии без нагрузки	<p>1) Электромонтеры в изолирующей корзине измеряют длину трехфазных обходных перемычек и просят наземных электромонтеров подготовить необходимые обходные перемычки</p> <p>2) Наземные электромонтеры переносят трехфазные обходные перемычки в изолирующую корзину</p> <p>3) Электромонтеры в изолирующей корзине устанавливают обходные перемычки в обесточенном вводном кабеле или на ветке линии без нагрузки и готовятся к подключению обходных перемычек под напряжением.</p> <p>4) Электромонтеры в изолирующей корзине совместно перемещают обходные перемычки к точке подключения для установки.</p> <p>5) Установите трехфазные обходные перемычки фаза за фазой в зависимости от сложности выполнения</p>	<p>1) Электромонтеры в изолирующей корзине должны находиться на расстоянии не менее 0,6 м от соседних фазных деталей под напряжением и не менее 0,4 (м) от заземленных частей</p> <p>2) Перед подключением обходные перемычки должны быть закреплены с помощью крючка изолированного провода для предотвращения раскачивания.</p> <p>3) Для подключения обходных перемычек следуйте порядку «от дальнего до ближнего» и «от высокого до низкого»</p> <p>4) Перед подключением проверьте правильность чередования фаз</p>	
5	Снимите диэлектрические коврики и вернитесь на землю	После подключения обходных перемычек убедитесь, что на проводах и штанге не осталось никаких предметов. Затем снимите диэлектрические коврики и вернитесь на землю.	Изоляционные крышки должны быть сняты в соответствии в порядке от дальнего до ближнего и от высокого до низкого	

A3.3 Завершение

№	Содержание	Ответствен ное лицо
1	Руководитель полностью проверяет результат и подтверждает, что все в порядке. Очистите рабочий участок. Необходимо убедиться, что все инструменты и материалы были удалены с участка после того, как электромонтеры покинули его.	
2	Уведомить диспетчера и закрыть наряд-заказ. Провести планерку после завершения работы	

A4 Аттестация и подведение итогов

№	Аттестация и подведение итогов	
	Аттестация и оценка Существующие проблемы и предложения по исправлению	Подведите итоги и оцените работу Выполнить исправление с учетом проблем и дефектов, обнаруженных при приемке

A5 Оценка выполнения рабочих инструкций

Элементы оценки	Исполнение	Отлично	Оперативно
		Хорошо	Не оперативно
Существующие проблемы Предложения по улучшению	Работоспособность	Отлично	Подлежало исправлению
		Хорошо	Нет выполнения

Приложение 1

Общие указания к безопасному производству работ под напряжением

A1-1 Общие требования

A1-1.1 Руководство применимо к проведению работ под напряжением с изолирующей штангой и диэлектрическими перчатками на распределительных линиях 10 (кВ) (20 кВ) на высоте 1000 (м) и ниже. При проведении работ на распределительных линиях под напряжением с другими классами напряжения, также можно опираться на Руководство.

Проведения работ под напряжением на высотах 1000 (м) и выше, безопасные расстояния и длины изоляции между воздухом и твердыми частицами следует изменять в зависимости от высоты в рабочей зоне. Кроме того, правила безопасности при работе на участках под напряжением должны быть разработаны и внедрены после утверждения техническим директором.

A1-1.2 Электромонтер, производящий работы под напряжением, должен пройти обучение, пройти квалификационный тест и получить одобрение своего работодателя перед выполнением работ. Лица, выдающие разрешение на работу под напряжением, руководители, специально выделенный для наблюдения персонал, должны иметь квалификацию и практический опыт работы под напряжением.

A1-1.3 Работа под напряжением должна выполняться под наблюдением. Руководитель не должен непосредственно участвовать в операции и должен контролировать только один рабочий участок за один промежуток времени. Трудные виды работ или работы на высоких мачтах должны контролироваться специально выделенным для наблюдения персоналом.

A1-1.4 Перед началом работ под напряжением руководителям следует связаться с персоналом распределительной сети, а также с оперативно-ремонтным персоналом и техническому обслуживанию. Операции, в которых необходимо автоматическое повторное включение отключить от питания, а также подключение или отключение проводов под напряжением, должны быть одобрены оперативно-ремонтным персоналом распределительной сети. После окончания проведения работ под напряжением руководители должны своевременно отчитаться перед диспетчерами, а также перед оперативно-ремонтным персоналом.

A1-1.5 Работа под напряжением должна выполняться при хороших погодных условиях, а скорость и влажность ветра должны быть измерены перед началом работы. нецелесообразно выполнять работу под напряжением если сила ветра превышает 5 шкалу или влажность превышает 80%. В случае грома, молнии, снега, града, дождя или тумана, проведение работ под напряжением запрещено.

Во время работы под напряжением, если внезапные изменения погоды могут поставить под угрозу безопасность персонала и оборудования, необходимо немедленно прекратить работу, эвакуировать людей, восстановить оборудование до нормального состояния или принять временные меры безопасности.

A1-1.6 Для выполнения работ на линиях под напряжением необходимо исследовать рабочее место, проверяя, соответствуют ли распределительные линии условиям работы под напряжением, положению и электрическому зазору других линий на той же штанге (мачте), эксплуатационным условиям, окружающей среде и другие опасные моменты, которые могут повлиять на работу. Методы работы под напряжением, необходимые инструменты и необходимые меры определяются на основе результатов осмотра.

A1-1.7 Новые виды работ и новые инструменты, разработанные для работы под напряжением, должны быть проверены экспериментально на безопасность и надежность. Соответствующие планы производственного процесса и технические меры безопасности должны быть сформулированы, а затем реализованы после утверждения техническим директором.

A1-2 Технические меры безопасности

A1-2.1 Проведение работ с эквипотенциальной линией под напряжением не должна выполняться на распределительных линиях 10 (кВ) (20 (кВ)).

A1-2.2 Если линия внезапно обесточивается во время работы под напряжением, электромонтеры не должны принимать линию за обесточенную. Руководитель должен как можно скорее связаться с отделом диспетчеризации или оперативно-ремонтного персонала распределительной сети, а диспетчерский персонал или оперативно-ремонтный персонал не должны включать питания, прежде связи с руководителем.

A1-2.3. Во время работы под напряжением, если руководитель выявляет какой-либо отказ оборудования, он/она должен немедленно прекратить работу, эвакуировать людей и связаться с отделом диспетчеризации распределительной сети и оперативно-ремонтным персоналом. Когда диспетчерский персонал или оперативно-ремонтный персонал обнаружат неисправность, он должен немедленно уведомить руководителя работ.

A1-2.4 Во время работы под напряжением, операция переключения, необходимая для фидера, подключенного к рабочей линии, не должна выполняться до тех пор, пока руководитель работ не утвердит его, а рабочие, выполняющие работу под напряжением, не покинут детали под напряжением.

A1-2.5 В случае любой из следующих ситуаций необходимо отключить автоматическое повторное включение питания и запретить принудительное включение:

- 1) Проведение работ может привести к однофазному заземлению в системе распределительной сети, где нейтральные точки должным образом заземлены.
- 2) Проведение работ может привести к межфазному короткому замыканию в системе распределительной сети, где нейтральные точки должным образом не заземлены.
- 3) Лица, выдающие разрешение на работу под напряжением, или руководитель считает необходимым отключить автоматическое повторное включение питания.

Запланированное по графику отключение или запуск автоматического повторного включения питания запрещено.

A1-2.6 Электромонтеры, выполняющие работу под напряжением, должны носить изолирующие защитные приспособления (диэлектрическая одежда или диэлектрические накладки, диэлектрические рукава, диэлектрические перчатки, диэлектрическая обувь, диэлектрические защитные каски и т. д.). Электромонтеры, выполняющие подключение или отключение проводов под напряжением, должны носить защитные очки и использовать ремни безопасности с хорошими изоляционными свойствами. Изолирующие защитные приспособления не следует снимать во время работы под напряжением.

A1-2.7 Другие детали под напряжением, с которыми могут контактировать электромонтеры, и заземленных частей (штанги провода, металлические крепежные детали, траверсы, подпружиненные провода и т. д.) должны быть экранированы.

Таблица A1-1 Минимальное безопасное изоляционное расстояние между изолированными инструментами

Класс напряжения	Безопасное изоляционное расстояние между изолированными компонентами	
	Изолирующая ручная штанга	Электротехнический инструмент, изолированный жгут
10	0.7	0.4
20	0.8	0.5

A1-2.8 В пределах рабочей зоны детали под напряжением и изоляторы должны подвергаться изоляции (экранированию) от фазы к фазе или от фазы к земле. Запрещается контактировать с двумя частями под напряжением, которые не соединены, или контактировать с частями под напряжением и заземленной частью одновременно.

A1-2.9 Когда работа на изолирующей штанге выполняется на распределительных линиях, минимальное безопасное расстояние между электромонтером и деталью под напряжением составляет 0,4 (м) при 10 (кВ) и 0,5 (м) при 20 (кВ) (это расстояние не охватывает диапазон действий электромонтера).

A1-2.10 В Таблице A1-1 указано минимальное безопасное расстояние между изолирующими частями изолирующей ручной штанги, изолирующих подшипников и изолированных жгутов.

A1-2.11 Неизолированные канаты (такие как хлопковый канаты, манильский канат, проволоочный канат и т. д.) не должны использоваться для работы под напряжением.

A1-2.12 Для таких работ, как замена изоляторов, перемещение или разрыв проводов, должны быть приняты резервные меры для предотвращения падения проводов. Разрыв проводов не должен выполняться одновременно для двух и более фаз. После разрыва концы разорванных проводов должны быть своевременно обернуты или экранированы для изоляции.

A1-2.13 Для монтажа под напряжением и демонтажа линий под прокладываемыми линиями, на участке, вблизи которого проходят линии электропередач или в пределах диапазона других линий низкого напряжения, необходимо организовать надлежащие технические меры безопасности, которые реализуют после утверждения технического директора.

A1-2.14. Если два электромонтера выполняют работу под напряжением в изолированной корзине подъемного устройства с изолирующим звеном, им запрещается одновременно соприкасаться с компонентами под напряжением на разных фазах или с разными потенциалами. Им также запрещено работать на разных фазах или разных потенциалах одновременно.

A1-2.15. Электромонтеру, работающему на земле, запрещается передавать непосредственно любой неизолированный предмет любому электромонтеру, находящемуся вблизи электрического поля. Изолированные жгуты должны использоваться для связывания и перемещения инструментов и материалов вверх и вниз. Запрещено бросать инструменты и материалы.

A1-2.16 Электромонтеры не должны переключаться на работу в другой фазе электрической сети, пока это не разрешено руководителем.

A1-2.17. Для проекта, который требует координирования работ под напряжением и работ по непрерывному техническому обслуживанию кабельных линий, когда процесс работы переключается с одной задачи на другую, руководители обеих сторон должны обмениваться информацией о технических мерах безопасности и оповещать персонал перед началом работы.

A1-3 Отключение напряжения и подключение проводов

A1-3.1 Запрещено выполнять отключение или подключение проводов под нагрузкой.

A1-3.2 Запрещено отключать и подключать линии без нагрузки, чтобы два источника питания подвергались раздельной или параллельной работе.

A1-3.3 При выполнении отключения под напряжением и подключения линий без нагрузки необходимо убедиться, что все автоматические рубильники (переключатели) и отключающие рубильники (разъединители) на выводах отключены, и трансформаторы и трансформаторы напряжения не функционируют.

А1-3.4 Длина проводов, подключаемых для отключения под напряжением и подключения линий без нагрузки, должна быть соответствующей. Должно быть достаточно безопасного расстояния между проводами и окружающими компонентами заземления, а также линейными компонентами на разных фазах. Провода должны быть надежно подсоединены, и необходимо принять надлежащие меры для предотвращения раскачивания проводов при отключении под напряжением и подключении.

А1-3.5 Необходимо принять меры по предотвращению образования статических разрядов на контактах с неподключенными проводами во время выполнения подключения под напряжением и отсоединения проводов.

А1-3.6 При выполнении отключения и подключения воздушных линий электропередач без нагрузки электромонтер должны надевать защитные очки и рассчитывать емкостный ток. Если емкостный ток превышает 0,1 (А), следует предпринять меры по гашению дуги. Отключающая способность дугогасительного инструмента должна соответствовать классу напряжения и емкостному току отключаемой или подключаемой линии без нагрузки.

А1-3.7 При выполнении отключения и подключения соединительных проводов между воздушной линией и кабельной линией без нагрузки электромонтеры должны надевать защитные очки и рассчитывать емкостный ток. Если емкостный ток кабеля без нагрузки превышает 0,1 (А), следует использовать переключатель гашения дуги. Важно проверить последовательность фаз и поставить отметки перед отсоединением или подключением проводов.

А1-3.8 Прежде чем выполнять отключение под напряжением соединительных проводов между воздушной линией и кабельной линией без нагрузки, необходимо проверить состояние переключателя, подключенного к кабелю, и убедиться, что кабель не нагружен.

А1-3.9 Перед подключением под напряжением соединительных проводов между воздушной линией и кабельной линией без нагрузки необходимо убедиться, что: (1) кабельная линия прошла испытание, (2) кабельная клемма на противоположной стороне подключена надлежащим образом, (3) заземление снято и отсоединено от нагрузочного оборудования.

А1-4 Короткое замыкание оборудования под напряжением

А1-4.1 Перед коротким замыканием оборудования с изолированными шунтирующими проводами или обходными кабелями, важно проверить последовательность фаз, положение, и токонесущее оборудование должно быть включено или через него должен проходить достаточный уровень электрического тока. Предохранитель цепи отключения должен быть снят с переключателя, чтобы заблокировать механизм отключения.

А1-4.2 Площадь сечения изолированных шунтирующих проводов распределительного устройства короткого замыкания и токонесущая способность зажимов на обоих концах должны соответствовать требованиям по максимальной нагрузке тока.

А1-4.3 Что касается снятия выключателя высокого напряжения (разъединяющей цепи) и предохранителя с защитой от перегрузки, необходимо принять меры для предотвращения размыкания выключателя высокого напряжения (разъединителя) и падения Предохранитель от случайного отсоединения в процессе установки изолированных шунтирующих проводов.

А1-4.4 После того, как два конца изолированных шунтирующих проводов или обходных кабелей подключены и экранированы, необходимо проверить, является ли текущий уровень тока нормальным.

А1-4.5 Перед коротким замыканием любой неисправной линии или оборудования важно убедиться, что неисправность была устранена.

A1-5 Работа с обходным кабелем

A1-5.1 Когда метод обхода используется для работ по непрерывному техническому обслуживанию кабельных линий, RMU и другие устройства на обеих сторонах обходных кабелей должны быть оснащены рубильниками (переключателями), и должно быть оставлено резервное расстояние. Нагрузка тока должна быть меньше номинального тока обходной системы.

A1-5.2 Перед подключением кабельной клеммы к RMU (ответвительной коробке) необходимо выполнить визуальный осмотр. Поверхность изолирующей части должна быть чистой, сухой и не иметь дефектов изоляции. Шкаф RMU (ответвительная коробка) должен быть надежно заземлен. Если выбрана клемма обходного кабеля винтового типа, важно убедиться, что рубильник (переключатель), подключенный к резервному расстоянию, отключен и нож заземления замкнут.

A1-5.3 Для работы с обходным кабелем защитный слой обходного кабеля должен быть вытянут из двух клемм и надежно заземлен. Площадь сечения заземляющего провода должна быть не менее 25 (мм²).

A1-5.4 Прежде чем использовать обходной метод для проведения работ по непрерывному техническому обслуживанию кабельных линий, необходимо убедиться, что резервные рубильники (переключатели) обходные рубильники (переключатели) с обеих сторон отключены.

A1-5.5 Обходной кабель должен быть проверен перед использованием и разряжен после использования.

A1-5.6 После установки обходного кабеля необходимо установить защитные ограждения и надпись «Не выходить, Высокое напряжение!», Чтобы предотвратить повреждение обходного кабеля или приближение людей к кабелю.

A1-6 Установка под напряжением или удаление опор

A1-6.1 Перед началом работы важно проверить, надежно ли закреплены штанги, провода и другое оборудование под напряжением с обеих сторон рабочего участка. При необходимости следует принять меры по укреплению.

A1-6.2 Во время работы операторы на опорах должны носить изолирующие ботинки и диэлектрические перчатки. Операторы подъемного оборудования должны носить изолирующие ботинки и не должны покидать рабочее место во время работы.

A1-6.3 В процессе установки или снятия штанги необходимо всегда соблюдать меры по изолирующему экранированию или изоляции между подъемными инструментами, штангой и оборудованием под напряжением. Кроме того, должны быть предприняты соответствующие меры, чтобы предохранить изолирующие устройства и защитные приспособления, установленные для подъемных устройств и опоры, от повреждения изоляции или падения.

A1-6.4 При установке или демонтаже штанги следует использовать изолированные жгуты, обладающие сильной прочностью, в качестве тянущих жгутов, чтобы контролировать направление демонтажа.

A1-7 Работа с подъемным устройством с изолирующим звеном

A1-7.1 Подъемное устройство с изолирующим звеном должно регулярно проверяться в соответствии с требованиями к техническому обслуживанию и испытаниям.

A1-7.2 Безопасное изоляционное расстояние для изолирующего звена должно составлять более 1,0 (м) (10 (кВ)) или 1,2 (м) (20 (кВ)). Устройство контроля и проверки утечки тока должно быть установлено в нижней части.

А1-7.3 Изолирующая корзина не должна работать с перегрузкой.

А1-7.4 Оператор подъемного устройства с изолирующим звеном должен следовать указаниям руководителя. Во время работы он должен обращать внимание на обстановку и скорость работы. В процессе работы оператор не должен выключать двигатель (кроме электрического двигателя) подъемного устройства с изолирующим звеном. Такие операции, как приближение к деталям под напряжением и отдаления, должны выполняться электромонтером в изолирующей корзине, а оператору в нижней части не разрешается покидать рабочую платформу.

А1-7.5. Подъемное устройство с изолирующим звеном должно быть расположено в подходящем месте и надежно зафиксировано. Угол наклона не должен превышать требований производителя. При необходимости следует принять меры против опрокидывания.

А1-7.6. Необходимо выполнить пробную операцию на подъемном устройстве с изолирующим звеном с пустой корзиной в заранее заданном положении, чтобы убедиться, что ее гидравлический привод, поворотная, подъемная и выдвижная системы в надлежащем состоянии, в гибкости работы, и надежно ли его тормозное устройство.

А1-7.7 Металлическая часть подъемного устройства с изолирующим звеном должна находиться на расстоянии не менее 0,9 (м) (10 (кВ)) или 1,0 (м) (20 (кВ)) от деталей под напряжением, когда она поднимается и вращается. Во время работы корпус подъемного устройства должен быть хорошо заземлен отожженными медными проводами с поперечным сечением не менее 16 (мм²).

А1-8 Хранение, эксплуатация и испытание инструментов для работ под напряжением

А1-8.1 Инструментов для работ под напряжением должны храниться в соответствии с требованиями управления складом.

А1-8.2 Использование инструментов для работ под напряжением.

А1-8.2.1 Инструменты для работ под напряжением должны иметь хорошую изоляцию, надежное соединение и гибкость к вращению, и должны использоваться в соответствии с инструкциями по эксплуатации и процедурами эксплуатации в полевых условиях.

А1-8.2.2 Перед использованием любого инструмента для работ под напряжением необходимо проверить его механическую прочность в соответствии с рабочей нагрузкой. Механическая прочность должна соответствовать требуемому коэффициенту безопасности.

А1-8.2.3 Во время транспортировки инструментов для работ под напряжением, они должны быть упакованы в специальные контейнеры для инструментов, ящики для инструментов или инструментальную тележку для предотвращения попадания влаги и повреждений. Если на электротехнический инструмент воздействует сырость, его поверхность повреждена или он загрязнен, инструмент должен быть очищен и обработан своевременно и проверен или осмотрен перед повторным использованием.

А1-8.2.4. Инструменты для проведения работ под напряжением должны быть помещены под влагостойкое полотно или изолирующий мат, чтобы предотвратить попадание грязи и влаги.

А1-8.2.5 Запрещается использовать любое оборудование для работ под напряжением или инструменты, которые повреждены, подвержены воздействию влаги, деформированы или вышли из строя. Электромонтеры должны надевать чистые и сухие перчатки при работе с изолирующими инструментами.

А1-8.3 Инструменты для работ под напряжением должны быть испытаны в соответствии с Кодексом профилактических испытаний инструментов, устройств и оборудования для работы под напряжением.

Приложение 2

Порядок применения типовых рабочих инструментов

А-2.1 Термины и определения

1) Жесткие электротехнические инструменты

Как правило, изготавливаются из жестких изоляционных плит, труб, стержней и других профильных прокатов, в т.ч. универсальные ручные штанги, опорные штанги, гнезда изоляторов, изолирующие платформы и т. д.

2) Мягкие изолирующие инструменты

В основном они изготовлены из мягких изолирующих материалов, включая все виды жгутов и промышленных изделий, а также различные шланги, гибкие плиты и гибкие стержни.

3) Изолирующие защитные приспособления

Они известны как защитные приспособления, которые изготовлены из изолирующих материалов, используемые для работы под напряжением, чтобы предотвратить поражение электрическим током. К ним относятся изолирующая одежда (изолирующие накладки), диэлектрические брюки, диэлектрические перчатки, диэлектрические рукава, диэлектрические ботинки, диэлектрические защитные каски и т. д.

4) Изолирующие экранирующие приспособления

Они изготовлены из изолирующих материалов и используются для изоляции или экранирования находящихся под напряжением и заземленных частей. Они отвечают определенным требованиям уровня изоляции. Они состоят как из мягких так и из жестких диэлектрических ковров, ограждений и диэлектрических ковров.

5) Изолирующие штанги

Они представляют собой изолирующие компоненты опор, включая опорные штанги и ручные штанги. Опорные штанги - это изолирующие инструменты, которые могут вынести осевые горизонтальные или вертикальные нагрузки, в том числе поддерживающая или натяжная (подвесные штанги). Опорная штанга - это электротехнический инструмент, изготовленный из изолирующих материалов, его концы прикреплены к деталям под напряжением и заземленной части (или раме, мачте) для безопасного и надежного удержания нагрузки. Натяжная штанга (подвесная штанга) является изолирующим инструментом, изготовленным из изолирующих материалов, который подсоединен с помощью натяжного инструмента и надежно выдерживает нагрузки.

Ручная штанга - это электротехнический инструмент, который изготовлен из изолирующих материалов. Он применяется электромонтерами, которые удерживают сходовые концы и контактируют передними концами с деталями под напряжением.

6) Передвижное оборудование

Такое оборудование как подъемное устройство с изолирующим звеном используется для перевозки электромонтеров с инструментами.

7) Прицепное оборудование

Такое оборудование как винт с двухлапчатой проушиной, гидравлическое натяжное оборудование и т.д., используется для приложения силы, которое создает механическое тяговое или подъемное усилие вручную или автоматически.

8) Крепежные инструменты (зажимы)

Это стационарные устройства, которые выполняют функцию закрепления в системах поддержки нагрузки, таких как устройства зажима резьбы, фиксаторы и т. д.

9) Токопроводящие инструменты

Они представляют собой комбинацию токоподводящих контактных зажимов и проводов, таких как свинцовые зажимы, обходные перемычки и т. д.

10) Инструменты гашения дуги

Это портативные инструменты включения / выключения с определенной токонесущей способностью и способностью гашения дуги, такие как переключатели гашения дуги и т.д.

11) Обходные переключатели

Это небольшие мобильные переключатели, которые используются на открытом пространстве и быстро устанавливаются. Они имеют состояние включения / выключения и используются для отключения и подключения цепей под нагрузкой во время работы обходных перемычек.

12) Гибкие силовые кабели

Это силовые кабели переменного тока, состоящие из нескольких нитей отожденных медных проводов. Их можно использовать многократно и подвергать изгибанию.

13) Гибкие разъемы силового кабеля

Они используются для соединения и подключения гибких силовых кабелей во время обходных операций, состоящих из промежуточных соединений, тройников и клемм.

A-2.2 Требования к материалам для изолирующих инструментов

A-2.2.1 Требования к показателям электрической эффективности

В Руководстве рекомендуется использовать композитные материалы, усиленные стекловолокном, с эпоксидной смолой, а также шелковые и нейлоновые жгуты в качестве основных изолирующих материалов, используемых для изготовления рабочих инструментов под напряжением. Каучук, силиконовая резина, пластмассы и промышленные товары рекомендуются в качестве дополнительных изолирующих материалов. В Таблицах A-2.1.1-A-2.1.9 перечислены основные электрические показатели некоторых изолирующих материалов.

В изолирующей одежде, накладке и ковриках должны использоваться наружные материалы, обладающие хорошей гидрофобностью, отличной влагостойкостью, высокой стойкостью к перекрытию на поверхности и достаточной механической прочностью. В материалах для подкладки следует использовать материалы из пластиковой пленки, обладающие высокими изоляционными характеристиками (особенно стойкостью к разрушающему напряжению верхнего слоя), хорошей гидрофобностью, мягкостью и механической прочностью.

Изолирующие рукава, диэлектрические перчатки, диэлектрические ботинки и изолирующие резиновые одеяла (маты), как правило, должны быть изготовлены из резиновых материалов,

Показатель	Технические требования
Поверхностное удельное сопротивление	Норма: $\geq 1,0 \times 10^{13}$ (Ом), При погружении в воду: $\geq 1,0 \times 10^{11}$ (Ом)
Объемное сопротивление	Норма: $\geq 1,0 \times 10^{13}$ (Ом · см). При погружении в воду: $\geq 1,0 \times 10^{11}$ (Ом · см)
Сопротивление изоляции параллельного слоя	Норма: $\geq 1,0 \times 10^{10}$ (Ом), При погружении в воду: $\geq 1,0 \times 10^8$ (Ом)
Тангенс угла диэлектрических потерь при 50 (Гц)	<0.01

Продолжение А-2.1.1.	Толщина 0,5 (мм) ~ 1 (мм)	≥ 22 (кВ/мм)
Электрическая стойкость вертикального слоя	Толщина 1 (мм) ~ 2 (мм)	≥ 20 (кВ/мм)
(помещается в трансформаторное масло при температуре $90^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$)	Толщина 2,1 (мм) ~ 3 (мм)	≥ 18 (кВ/мм)
Электрическая стойкость параллельного слоя	Толщина > 3 (мм)	17 (кВ/мм)
(помещается в трансформаторное масло при температуре $90^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$)		≥ 30 (кВ)
обладающих хорошими изолирующими характеристиками, устойчивостью к старению и достаточной механической прочностью.		

Для создания жестких изолирующих барьеров рекомендуются ламинированные листы из эпоксидной смолы и стекловолокна. Рекомендуется использовать нехрупкую резину с хорошими изолирующими свойствами и устойчивостью к старению для установки мягких диэлектрических барьеров, крышек и ковриков. Изолированные жгуты должны быть изготовлены из жгутов из шелковицы или из нейлоновых жгутов.

А-2.2.1.1 Изолирующие плиты

В Таблице А-2.1.1 приведены основные показатели электрических характеристик изолирующих плит.

Таблица А-2.1.1 Требования к показателям электрических свойств изолирующих плит.

А-2.2.1.2 Изолирующие трубы

В Таблице А-2.1.2 приведены основные электрические показатели изолирующих труб.

Таблица А-2.1.2 Требования к показателям электрических свойств изолирующих труб.

Показатель		Технические требования
Объемное сопротивление		Норма: $\geq 1,0 \times 10^{12}$ (Ом · см)
Сопротивление изоляции параллельного слоя		При погружении в воду: $\geq 1,0 \times 10^{10}$ (Ом · см)
Тангенс угла диэлектрических потерь при 50 (Гц)		Норма: $\geq 1,0 \times 10^{10}$ (Ом). При погружении в воду: $\geq 1,0 \times 10^7$ (Ом).
Стойкость вертикального слоя к напряжению 5 мин (помещается в трансформаторное масло при $90^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$)		<0.01
	Толщина стенки 1,5 (мм)	Внутренний диаметр изолирующей трубы = 6 мм ~ 25 мм: > 7 (кВ/мм) Внутренний диаметр изолирующей трубы > 26 мм: > 12 (кВ/мм)
	Толщина стенки 2,0 (мм)	Внутренний диаметр изолирующей трубы = 6 мм ~ 25 мм: > 10 (кВ/мм) Внутренний диаметр изолирующей трубы > 26 мм: > 14 (кВ/мм)
	Толщина стенки 2,5 (мм)	Внутренний диаметр изолирующей трубы = 6 мм ~ 25 мм: > 13 (кВ/мм) Внутренний диаметр изолирующей трубы > 26 мм: > 16 (кВ/мм)
	Толщина стенки 3,1 (мм)	Внутренний диаметр изолирующей трубы = 6 мм ~ 25 мм: > 15 (кВ/мм) Внутренний диаметр изолирующей трубы > 26 мм: > 18 (кВ/мм)

А-2.2.1.3 Изолированные гильзы с пенным наполнителем

В таблице А-2.1.3 приведены основные показатели электрических характеристик изолированных гильз с пенным наполнителем.

Таблица А-2.1.3 Показатели электрических характеристик изолированных гильз с наполнителем

Показатель	Параметры образцов	Технические требования
Утечка тока в сухом состоянии	Диаметр трубы = 32мм, длина трубы = 300 мм	<10 (мкА)
Утечка тока после воздействия влаги в течение 168 ч	Диаметр трубы = 32 мм, длина трубы = 300 мм	<21 (мкА)
1 час испытания на воздействие осадков	Длина трубы = 1 мм, количество осадков = 1 мм/мин ~ 1,5 мм/мин, удельное сопротивление воды = 100 (Ωм)	Отсутствие искр, пробоев, ожогов и значительного повышения температуры

Примечание: приложенное напряжение промышленной частоты = 100 (кВ)

А-2.2.1.4 Изолирующие стержни

В Таблице А-2.1.4 приведены основные показатели электрических характеристик изолирующих стержней.

Показатель	Технические требования
Сопротивление изоляции параллельного слоя	Норма: $\geq 1,0 \times 10^{10} \Omega$ При погружении в воду: $\geq 1,0 \times 10^7 \Omega$
Электрическая стойкость параллельного слоя (помещается в трансформаторное масло при температуре $90^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$)	$>15 \text{ кВ}$

А-2.2.1.5 Изолированные жгуты

В Таблице А-2.1.5 приведены основные электрические показатели изолированных жгутов.

Таблица А-2.1.5 Требования к показателям электрических характеристик изолированных жгутов

Показатель	Параметры образцов	Технические требования
Утечка тока штатного изолированного жгута при повышенной влажности	Относительная влажность = 90%, температура = 20°C , продолжительность = 24 ч, приложенное напряжение промышленной частоты = 100 кВ, длина образца = 0,5 м	$\leq 300 \mu\text{A}$
Утечка тока промышленной частоты влагостойкого изолированного жгута при длительной высокой влажности	Относительная влажность = 90%, температура = 20°C , продолжительность = 168 ч, приложенное напряжение промышленной частоты = 100 кВ, длина образца = 0,5 м	$\leq 100 \mu\text{A}$
Утечка тока промышленной частоты влагостойкого изолированного жгута, при погружении в воду	Удельное сопротивление воды = 100 $\Omega\text{м}$, продолжительность погружения = 15 мин, стряхивание воды с поверхности, приложенное напряжение промышленной частоты = 100 кВ, длина образца = 0,5 м.	$\leq 500 \mu\text{A}$
Поверхностное пробивное напряжение промышленной частоты влагостойкого изолированного жгута, подверженного воздействию осадков	Осадки = 1 мм/мин \sim 1,5 мм/мин, удельное сопротивление воды = 100 $\Omega\cdot\text{м}$	$\geq 60 \text{ Кв}$
Утечка тока промышленной частоты влагостойкого изолированного жгута, подверженного 50%-ному разрывному натяжению при высокой влажности	Относительная влажность = 90%, температура = 20°C , продолжительность = 168 ч, приложенное напряжение промышленной частоты = 100 кВ, длина образца = 0,5 м	$\leq 100 \mu\text{A}$
Утечка тока промышленной частоты влагостойкого изолированного жгута, подлежащего промывке при повышенной влажности	Относительная влажность = 90%, температура = 20°C , продолжительность = 168 ч, приложенное напряжение промышленной частоты = 100 кВ, длина образца = 0,5 м	$\leq 100 \mu\text{A}$
Утечка тока промышленной частоты из влагостойкого изолированного жгута, подверженного износу при повышенной влажности	Относительная влажность = 90%, температура = 20°C , продолжительность = 168 ч, приложенное напряжение промышленной частоты = 100 кВ, длина образца = 0,5 м	$\leq 100 \mu\text{A}$
Напряжение искрового перекрытия промышленной частоты в сухом состоянии	Длина образца = 0,5 м	$\geq 170 \text{ кВ}$

А - 2.2.1.6 Изолирующая резина

В таблице А-2.1.6 приведены основные показатели электрических характеристик изолирующей резины.

Таблица А-2.1.6 Требования к показателям электрических характеристик изолирующей резины.

Показатель	Толщина резины	Технические требования
Стойкость к напряжению переменного тока	1,4 мм ± 0,3 (мм)	>10 (кВ)
	2,2 мм ± 0,3 (мм)	>20 (кВ)
	2,8 мм ± 0,3 (мм)	>30 (кВ)
Стойкость к напряжению постоянного тока	1,4 мм ± 0,3 (мм)	>40 (кВ)
	2,2 мм ± 0,3 (мм)	>40 (кВ)
	2,8 мм ± 0,3 (мм)	>70 (кВ)

А-2.2.1.7 Термопластичные пластмассы

В таблице А-2.1.7 приведены основные показатели электрических характеристик термопластичных пластмасс.

Таблица А - 2.1.7 Требования к показателям электрических характеристик термопластичных пластмасс.

Показатель	Технические требования
Поверхностное удельное сопротивление	$\geq 1.0 \times 10^{12} \Omega$
Объемное сопротивление	$\geq 1.0 \times 10^{11} \Omega \cdot \text{см}$
Тангенс угла диэлектрических потерь при 50 Гц	<0.01
Электрическая прочность	>15 (кВ/мм)

А-2.2.1.8 Полимерные пластиковые пленки

В Таблице А-2.1.8 приведены основные показатели электрических характеристик полимерных пластиковых пленок.

Таблица А-2.1.8 Основные электрические показатели полимерных пластиковых пленок.

Показатель	Технические требования
Объемное сопротивление	$\geq 1.0 \times 10^{15} \Omega \cdot \text{см}$

А - 2.2.1.9 Изолирующая краска

В таблице А-2.1.9 приведены основные электрические показатели изолирующей краски.

Таблица А-2.1.9 Требования к показателям электрических характеристик изолирующей краски.

Показатель	Технические требования
Поверхностное удельное сопротивление	$\geq 1.0 \times 10^{12} \Omega$
Объемное сопротивление	Норма: $\geq 1.0 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{см}$ При погружении в воду: $\geq 1.0 \times 10^{13} \Omega \cdot \text{см}$

А-2.3 Требования к показателям механических характеристик**А - 2.3.1 Изолирующие плиты, используемые для перевозки персонала**

В Таблице А-2.1.10 приведены требования к показателям механических характеристик для изолирующих плит, используемых для перевозки персонала.

Таблица А-2.1.10 Требования к механическим показателям изолирующих плит.

Показатель	Технические требования
Устойчивость к разрыву	Продольная: $\geq 35000 \text{ (Н/см}^2\text{)}$ Боковая: $\geq 2500 \text{ (Н/см}^2\text{)}$
Устойчивость к изгибу	Продольная: $\geq 40000 \text{ (Н/см}^2\text{)}$ Боковая: $\geq 3000 \text{ (Н/см}^2\text{)}$
Ударная прочность	Продольная: $\geq 1500 \text{ Н} \cdot \text{см/см}^2$ Боковая: $\geq 1000 \text{ (Н} \cdot \text{см/см}^2\text{)}$

А-2.3.2 Изолирующие трубы, используемые для оборудования для перевозки людей

В Таблице А-2.1.11 приведены требования к показателям механических характеристик для изолирующих труб, используемых для оборудования для перевозки людей.

Таблица А-2.1.11 Требования к механическим показателям изолирующих труб.

Показатель	Технические требования
Устойчивость к разрыву	$\geq 18000 \text{ (Н/см}^2\text{)}$
Устойчивость к изгибу	$\geq 1500 \text{ (Н/см}^2\text{)}$
Ударная прочность	$\geq 7000 \text{ (Н} \cdot \text{см/см}^2\text{)}$

А-2.3.3 Изолирующие стержни, используемые для оборудования для перевозки людей

В Таблице А-2.1.12 приведены требования к механическим показателям характеристик изолирующих стержней, используемых для оборудования для перевозки людей.

Таблица А-2.1.12 Требования к механическим показателям изолирующих стержней.

Показатель	Технические требования
Устойчивость к разрыву	$\geq 20000 \text{ (Н/см}^2\text{)}$
Устойчивость к изгибу	$\geq 35000 \text{ (Н/см}^2\text{)}$

А-2.3.4 Устойчивость к разрыву изолированных жгутов

В Таблице А-2.1.13 приведены требования к пределу прочности при растяжении для изолированных жгутов.

Таблица А-2.1.13 Требования устойчивости к разрыву для различных типов изолированных жгутов.

Показатель	Технические требования
Жгут из натурального волокна	≥ 8300 (Н/см ²)
Жгут из синтетического волокна	≥ 11000 (Н/см ²)
Изолированный жгут с высокой механической прочностью	≥ 22100 (Н/см ²)

А - 2.3.5 Полимерные пластиковые пленки, используемые для изоляции защитных приспособлений

В Таблице А-2.1.14 приведены требования к показателям механических характеристик полимерных пластиковых пленок.

Таблица А-2.1.14 Требования к показателям механических характеристик полимерных пластиковых пленок.

Показатель	Технические требования
Устойчивость к разрыву	≥ 1000 (Н/см ²)

А-2.4 Требования к другим показателям

А-2.4.1. Плотность

Плотность композитного материала, усиленного эпоксидной смолой из стекловолокна, обычно используемого при проведении работ под напряжением, косвенным образом отражает их механические и электрические показатели. Плотность материалов этого типа, используемых в инструментах для работы под напряжением, как правило, не должна быть ниже значений, указанных в Таблице А-2.1.15.

Таблица А-2.1.15 Требования к плотности изолирующих материалов.

Компонент и материал	Технические требования
Основные изолирующие Плиты	≥ 1.8 (г/см ³)
компоненты, используемые для Трубы	≥ 1.6 (г/см ³)
опор и оборудования, для Жгуты	≥ 1.7 (г/см ³)
транспортировки людей	

А-2.4.2 Гигроскопичность

В Таблице А-2.1.16 приведены требования к гигроскопическим характеристикам изолирующих материалов.

Таблица А-2.1.16 Требования к гигроскопическим характеристикам изолирующих материалов.

Показатель	Технические требования
Изолирующие плиты и изолированные жгуты	$\leq 0.1\%$
Изолирующие трубы	$\leq 0.2\%$

А-2.4.3 Теплостойкость по Мартенсу

В Таблице А-2.1.17 приведены требования к теплостойкости по Мартенсу для изолирующих материалов.

Таблица А-2.1.17 Требования к теплостойкости по Мартенсу для изолирующих материалов.

Показатель	Технические требования
Изолирующие материалы используемые для опор и оборудования, для транспортировки людей	$\geq 200^{\circ}\text{C}$
Основные изолирующие материалы для опорного оборудования	$\geq 100^{\circ}\text{C}$

А-2.4.4 Начальное удлинение изолированных жгутов

В таблице А-2.1.18 приведены требования к исходному удлинению изолированных жгутов, используемых для канатных лестниц, полиспастов и защитных жгутов.

После приложения нагрузки, превышающей более чем в 2,5 раза рабочую нагрузку, к жгуту, отвечающему вышеуказанным требованиям к начальному удлинению, остаточное удлинение после снятия нагрузки не должно превышать требований, приведенных в Таблице А-2.1.19.

Таблица А-2.1.18 Требования к начальному удлинению изолированных жгутов

Материал	Технические требования
Жгут из натурального волокна	$\leq 20\% \sim 44\%$
Жгут из синтетического волокна	$\leq 40\% \sim 58\%$
Изолированный жгут с высокой механической прочностью	$\leq 20\%$

Таблица А-2.1.19 Требования к остаточному удлинению изолированных жгутов

Назначение	Технические требования
Изолированные жгуты, используемые для канатных лестниц и полиспастов	$\leq 10\%$
Защитные жгуты и трансмиссионные тросы	$\leq 15\%$
Тяговые и подъемные канаты	$\leq 20\%$

А-2.5 Основные технические требования к изолированным инструментам

А-2.5.1 Электрические свойства изолирующих инструментов

А-2.5.1.1 Стойкость к напряжению

В Таблице А-2.1.20 показаны уровни выдерживаемого внутреннего перенапряжения изолирующих инструментов. Стойкость к напряжению промышленной частоты рассчитывается путем умножения среднего градиента электрического потенциала, выдерживаемого напряжения промышленной частоты в течение 1 минуты, которое составляет 250 кВ/м, на безопасное изоляционное расстояние между изолированными компонентами. Расстояние от поверхности утечки соответствует требованиям безопасности (ток утечки намного меньше 1 мА) при нормальных климатических условиях (без дождя или тумана).

А-2.5.1.2 Безопасное изоляционное расстояние между изолированными компонентами

Безопасное изоляционное расстояние между изолированными инструментами относится к длине самой короткой изолирующей секции, которая может выдерживать самый высокий уровень перенапряжения при работе. Это расстояние обеспечивает безопасность персонала и оборудования во время работы. Требования к безопасному изоляционному расстоянию между изолированными компонентами приведены в Таблице А-2.1.21.

Таблица А-2.1.20 Уровни выдерживаемого внутреннего перенапряжения.

Класс напряжения	Уровень внутреннего перенапряжения
≤10 (кВ)	44 (кВ)
20 (кВ)	4 (U_{xg})
Примечание: U_{xg} - максимальное рабочее фазное напряжение системы	

Таблица А-2.1.21 Безопасное изоляционное расстояние между изолированными инструментами

Класс напряжения	Ручная штанга	Поддерживающая штанга, натяжная штанга, подвесная штанга, струнная штанга и жгут
10 (кВ)	70 (см)	40 (см)
20 (кВ)	90 (см)	60 (см)

Общая длина электротехнического инструмента рассчитывается по формуле (А-2.1.1).

$$L_Z = L_1 + L_2 + L_3 + \Delta L \quad (\text{А-2.1-1})$$

L_1 – Безопасное изоляционное расстояние;

L_2 - Длина рукоятки. Основная длина рукоятки ручной штанги обычно составляет 60 см. Она может увеличиваться при повышении класса напряжения в зависимости от общей длины изолированного инструмента. Длина самого изолирующего соединения может игнорироваться, при этом само соединение рассматривается как безопасное изоляционное расстояние;

L_3 - длина металлического соединения (включая длину оконечных фитингов). Длина чистого изолирующего соединения может игнорироваться, при этом само соединение рассматривается как безопасное изоляционное расстояние;

ΔL - регулируемая длина. Эта величина относится к увеличению длины инструмента с целью облегчения установки и эксплуатации инструмента при больших расстояниях от мачты. Длина не рассматривается как безопасное изоляционное расстояние, тем не менее необходимо использовать изолирующие материалы для выполнения работ на этом участке.

А-2.5.1.3 Требования к изоляции изолирующих электрозащитных средств

- 1) Для изолирующих электрозащитных средств, используемых в качестве основной изоляции применяются изолирующие трубы и плиты, изолирующие слои которых непосредственно контактируют с деталями под напряжением, должны соответствовать требованиям, указанным в Разделе 3.1.1. Электрическая прочность резины или пластика возрастает с увеличением его толщины, но стоит отметить, что увеличение электрической прочности пропорционально меньше изменения толщины материала.
- 2) Важно отметить область, с которой электромонтеры могут контактировать, на внешней поверхности изолирующих электрозащитных средств. Напряжение при перекрытии изолятора от области работы к деталям под напряжением также должно соответствовать требованиям, указанным в Разделе 3.1.1.
- 3) Если изолирующие электрозащитные средства удерживаются на определенном расстоянии от деталей под напряжением, прочность изоляции на этом расстоянии (воздушный зазор) вместе с композитной изоляцией электрозащитного средства (состоящей из изолирующих плит и труб) также должна соответствовать требованиям, указанным в Раздел А-2.3.1.1.
- 4) Если пластиковые пленки ламинированы для использования в качестве диэлектрических ковров, они должны быть сделаны из того же материала. Если необходимо ламинировать разные материалы, диэлектрические постоянные этих материалов не должны сильно различаться.

А-2.5.1.4 Требования к электрическим свойствам для соединений изолирующих инструментов

- 1) Изолирующее соединение не должно электрически снижать уровень изоляции электротехнического инструмента. Изолирующее соединение полый изолирующей трубки должно соединяться герметично для предотвращения попадания влаги и пыли. Если используется открытое соединение, структура соединения должна обеспечивать удобство регулярной очистки труб изнутри. При необходимости должно быть предусмотрено специальное устройство обнаружения.
- 2) Продольный размер металлического соединения должен быть как можно меньше. Конструкция соединения должна быть способна предотвращать точечный разряд и дугу, насколько это возможно. Объем соединения должен быть как можно меньшим, чтобы уменьшить неравномерное распределение напряжения, вызванное паразитной емкостью.

А-2.5.2 Требования к устройству изолирующих инструментов

А-2.5.2.1 Формы и размеры

Изоляционные защитные приспособления и изолирующие электрозащитные приспособления для работы под напряжением должны быть изготовлены из изолирующей резины или пластмасс с помощью бесшовным методом. Допускаются плоские или другие формы. Внешний вид устройства может быть специально разработан в соответствии с формой объекта, который должен быть защищен или огражден.

Размер устройства может быть настроен в соответствии с размером объекта, который необходимо экранировать или защитить. Когда приборы используются в комбинации, размер взаимно перекрывающихся частей должен быть не менее 150 мм. Толщина мягкого защитного устройства должна быть не более 3,8 мм, если он изготовлен из резины, и не более 2,0 мм, если он изготовлен из пластика.

Цветные отметки для изолирующих защитных приспособлений и изолирующих электрозащитных приспособлений рекомендуется желтого цвета.

Длина изолирующей штанги должна быть не более 1,8 м, чтобы ее было легко переносить.

Таблица А-2.1-22 Требования к весу инструментов

Метод использования	Требование к весу
Используется и устанавливается одним человеком	≤100 (Н)
Используется и устанавливается двумя людьми	≤150 (Н)

A-2.5.2.2 Вес инструментов

Чтобы снизить физическую нагрузку электромонтеров, которые ходят с грузом, поднимаются или работают на большой высоте, требования к весу для инструментов после разборки приведены в Таблице А-2.1-22.

A-2.5.2.3 Поверхности изоляционных инструментов

- 1) Механические режущие поверхности изолирующих плит должны быть покрыты 1-2 раза изолирующей краской. Гладкие поверхности, на которых нет повреждений изолирующих материалов, не подлежат очистки методом погружения.
- 2) Токарные поверхности изолирующих труб и стержней должны быть покрыты лаком от 1 до 2 раз (в зависимости от исходного состояния поверхности) как на внутренней, так и на внешней стенках.
- 3) Поверхности тяговых стержней из стекловолокна должны быть в основном герметизированы силиконовой резиной или пропитаны изолирующей краской.
- 4) Поверхности деталей из технической формованной пластмассы не требуют обработки поверхности после удаления заусенцев с поверхности.
- 5) Линии с предупреждающими знаками безопасности на ручных штангах должны быть покрыты красной изолирующей краской с хорошими изолирующими характеристиками (опрыскивание после очистки поверхности изолирующих штанг).

A-2.5.3 Контейнер (сумка для инструментов)

Все виды инструментов - изолирующие, из легкого сплава и с движущимися частями должны быть снабжены контейнерами или сумками. Каждый электротехнический инструмент должен быть обеспечен матерчатой сумкой, которая соответствует его размеру и легко переносится. Сумка для инструментов должна иметь крышку и ремешок или ручку. Электромонтеры, работающие на опорах, должны использовать контейнеры на ремне в качестве контейнера или сумки для инструментов общего назначения.

Для длинных и тонких инструментов, состоящих из двух или более частей, предусмотрен контейнер при условии, что требования к весу, указанные в разделе А-2.3.2.2, соблюдаются.

Между инструментами должна быть помещена изолирующая прокладка. Раскрытая сумка для инструментов может использоваться в качестве брезента. Изолированные жгуты должны быть снабжены гибкими ранцевыми контейнерами, объем которых должен соответствовать требованиям к весу, приведенным в Разделе А-2.3.2.2. Кроме того, на участке должны быть предусмотрены влагостойкие и противогнильные пластиковые бочки. Не использующиеся жгуты могут быть помещены в бочки во время проведения работ. Пластиковые бочки должны иметь ручки и могут быть сложены друг в друга для транспортировки и хранения.

A-2.6 Требования к номинальной нагрузке для инструментов для несущих инструментов

A-2.6.1 Номинальная нагрузка (P_s) натяжного устройства

Номинальная нагрузка натяжного устройства соответствует кривой механических характеристик проводов (как правило, дополнительная нагрузка, вызванная перетяжением, больше не может быть проверена).

- 1) Расчетный пролет (L_D). Репрезентативная типовая линия или сегмент выбираются в соответствии с ожидаемой областью применения (на основе суммарного натяжения провода) инструмента. Необходимо выбрать репрезентативный пролет L_D , который удовлетворяет 95% от всего объема (кроме отдельных изолированных пролетов) и является наиболее близким к критическому пролету в соответствии с перечнем линий. Такой репрезентативный пролет используется в качестве основы для определения максимального напряжения провода (σ_d) для работ под напряжением.
- 2) Напряжение провода и коррекция напряжения. Если не существует большой разницы между погодными условиями при «условиях проводки» и составляющими погодными условиями для работ под напряжением на кривой характеристик провода, можно применить кривую проводки и

максимальное напряжение провода ($\sigma_d(\text{Н/мм}^2)$), которое может быть получено через L_D . Если два условия сильно отличаются, параметры двух погодных условий можно подставить в уравнение состояния провода для коррекции напряжения, как показано в формуле (А-2.1.2).

$$\sigma_d \frac{L_D^2 g_d}{24 \beta \sigma_d^2} = \sigma \frac{L_D^2 g}{24 \beta \sigma^2} - \frac{a}{\beta} (t_d - t) \quad (\text{А-2.1.2})$$

Где: σ_d , g_d , t_d и σ , g , t - напряжение, удельная нагрузка на провод и температура при совмещении двух погодных условий «работы под напряжением» и «условиях проводки» соответственно.

a и β - коэффициенты линейного увеличения температуры провода и коэффициент эластичности соответственно.

3) Коррекция напряжения подвесных линий. Напряжение в точке провисания провода обычно на 6-8% ниже, чем в точке подвеса провода. Это можно исправить, умножив на коэффициент 1.1.

4) Номинальная нагрузка P_s инструмента рассчитывается по формуле (А-2.1.3) и округляется до целого числа.

$$P_s = 1.1 n S \sigma_d (\text{Н}) \quad (\text{А-2.1.3})$$

Где

S - общая площадь сечения провода (в случае алюминиевого многожильного провода со стальной сердцевинкой вся площадь сечения представляет собой сумму площади сечения алюминия и площади сечения стальной сердцевинки, то есть интегральной площади сечения);

n - количество проводов, применяемых в инструменте.

А-2.6.2 Номинальная нагрузка (Q_{rs}) оборудования для перевозки людей

1) Масса тела: $G_1 = 700$ (Н) на одного электромонтера.

2) Масса используемого оборудования: $G_2 = 150$ (Н) на человека.

3) Обратитесь к Таблице А - 2.1-23 для нахождения коэффициентов воздействия K_c оборудования для перевозки людей

4) Нагрузка на оборудование для перевозки людей рассчитывается по формуле $Q_r = (70 + 15)n = 85 n$. n - количество людей, допущенное для перевозки.

5) Номинальная нагрузка на оборудование для перевозки людей рассчитывается по формуле (А-2.1.4) и округляется до целого числа.

$$Q_{rs} = K_c Q_r (\text{Н}) \quad (\text{А-2.1.4})$$

6) Что касается номинальной нагрузки подъемного устройства с изолирующим звеном, следует учитывать нагрузку на изолирующую корзину от собственного веса в дополнении к массе тела и весу инструментов. Если подъемное устройство с изолирующим звеном также используется в качестве подъемного крана (включая подъем проводов под напряжением), для расчета номинальной нагрузки следует использовать произведение номинального веса подъема и динамического коэффициента, как показано в таблице А-2.1.23.

Таблица А-2.1.23 Коэффициент воздействия оборудования, перевозящего людей.

Режим движения	Динамический коэффициент
Вертикальный подъем	1.6 – 2.0
Горизонтальные перевозки	1.5
Подвижность при подъеме	2.5

Таблица А-2.1.24 Номинальная ударная динамическая нагрузка ручных инструментов.

Назначение	Технические требования
Вытягивание шплинтов	1000 (Н·м)
Монтажные работы	500 (Н·см)

А - 2.6.3 Номинальная нагрузка других инструментов

- 1) Номинальная нагрузка на прицепное оборудование для несущих инструментов определяется в соответствии с разделом А-2.4.1 и увеличивается в 1,2 раза. Номинальные нагрузки другого прицепного оборудования могут быть определены из ряда технических требований номинальной нагрузки соответствующих инструментов.
- 2) Номинальные нагрузки на крепежи и зажимы несущих инструментов определяются в соответствии с разделом А-2.4.1. Номинальные нагрузки других креплений и зажимов могут быть определены из ряда технических требований номинальной нагрузки соответствующих инструментов.
- 3) Номинальная сила захвата ручных инструментов определяется в соответствии с Таблицей А-2.1.24 на основании опытных данных.
- 4) Номинальная торсионная нагрузка ручных инструментов определяется в соответствии с Таблицей А-2.1.25, на основании опытных данных.
- 5) Номинальная сила захвата ручных инструментов (зажимов) составляет 1000 (Н)

Таблица А-2.1.25 Номинальная торсионная нагрузка ручных инструментов

Назначение	Технические требования
Установка и снятие гаек	1000 (Н·см)
Скручивание узлов из проводов	300 (Н·см)
Снятие пружинных штифтов (поворотного типа)	300 (Н·см)
Выкручивание винтов с двухлапчатой проушиной	2500 (Н·см)

А-2.7 Основные технические требования к обходному переключателю**А-2.7.1 Электрические свойства**

- 1) Номинальное напряжение: 12 (кВ) или 24 (кВ)
- 2) Номинальный ток: 400 (А)
- 3) Номинальный ток отключения нагрузки: 400 (А)
- 4) Предел повышения номинального тока отключения нагрузки: 20 раз
- 5) Номинальный зарядный ток отключения : 20 (А)
- 6) Предел повышения номинального зарядного тока отключения: 20 раз
- 7) Время отключения: <20 (мс)
- 8) Допустимая емкость по току короткого замыкания (пиковая): 40 (кА)
- 9) Выдерживаемое напряжение промышленной частоты: на землю 42 (кВ) (20 (кВ) переключатель: 65 (кВ))
Межфазные 42 кВ (20 (кВ) переключатель: 65 (кВ))
- Между перерывами на одной и той же фазе 48 (кВ) (20 (кВ) переключатель: 79 (кВ))
- 10) Импульсное выдерживаемое напряжение: на землю 75 (кВ) (переключатель 20 (кВ): 125 (кВ))
Межфазные 75 (кВ) (20 (кВ) переключатель: 125 (кВ))

Между перерывами на одной и той же фазе 85 (кВ) (20 (кВ) переключатель: 145 (кВ))

11) Допустимая величина допуска термостойкости при коротком замыкании: 16 (кА), 3 S

12) Уровень стабильности электродинамической силы: 40 (кВ) (пик) 200 мс

13) Переключите сопротивление проводящего контакта: <200 (мкОм)

14) Разница в трехфазном разрыве (асинхронизация): <5 (мс)

15) У обходного переключателя есть клемма для определения напряжения, уровень напряжения на которой не превышает 800 (В). Датчик напряжения должен иметь заметные синфазные и синфазные сигналы индикаторы, сигналы тревоги и другие сигналы оповещения.

А-2.7.2 Механические свойства

1) Соединение надежно и пригодно для использования.

2) Знаки включения / выключения должны быть четкими и заметными.

Независимо от способа включения, блокировка после включения должна быть включена. Любая вероятность отключения без приведения в действие или каких-либо операций запрещена.

3) Камера пожаротушения должна иметь дисплей давления и устройство блокировки потери напряжения с годовым уровнем утечки воздуха менее 0,5%.

4) Механический срок службы: 3000 раз.

5) Степень защиты IP68.

А-2.7.3. Электротехнические испытания

К исследуемым параметрам относятся испытание на повышение температуры главной цепи переключателя, испытание на стойкость к напряжению промышленной частоты, испытание на короткое замыкание (термостабильность, электродинамическая сила), испытание на сопротивление дуге, испытание фазы, испытание на сопротивление при контакте с током постоянного напряжения, испытание на допустимую разрывную нагрузку и переключение допустимой нагрузки тока короткого замыкания. Схемы и методы испытаний должны соответствовать требованиям для переключателей переменного тока высокого напряжения 3,6 (кВ) ~ 40,5 (кВ). Результаты испытаний должны соответствовать разделу 5.1.

А-2.7.4 Механические испытания

Механические испытания обычно выполняются во время типового испытания. К параметрам испытания относятся внешний вид, устройство и размеры переключателя, испытание на герметичность, испытание выключателя без напряжения (испытание на стойкость к механическому воздействию), испытание входной производительности, испытание на работоспособность блокировки выключателя и испытание на механический срок службы свинцового корпуса. Схемы и методы испытаний должны соответствовать требованиям для выключателей переменного тока высокого напряжения 3,6 (кВ) - 40,5 (кВ).

А-2.8 Основные технические требования для гибких кабелей и их разъемов

А-2.8.1 Электрические свойства

1) Номинальное напряжение: низкое напряжение 0,6/1 (кВ), среднее напряжение 8,7/15 (кВ) или 8/20 (кВ)

Таблица А-2.1.26. Уровни тока термической стойкости кабеля.

Количество	0.5	1.0	2.0	3.0
Допустимый ток короткого замыкания RMS (А)	10030	7090	5010	4090

2) Выдерживаемое напряжение промышленной частоты: 45 (кВ) (кабель 0,6/1 (кВ):3,5 (кВ); Кабель 20 (кВ): 63 (кВ))/1 (мин).

3) Выдерживаемое напряжение грозового импульса: ± 95 (кВ) (кабель 0,6/1 (кВ): 2 (кВ); кабель 20 (кВ): 110 (кВ))

4) Величина частичного разряда ($1,73 U_0$): ≤ 10 ПК

5) Уровни тока термостойкости показаны в таблице А-2.1.26.

6) Уровень электродинамической силы в кабеле: Пик уровня проверки электродинамической силы, который достигает тока короткого замыкания, составляет 40 (кА) в течение 200 (мс), при котором не происходит никакого повреждения или деформации механических деталей под действием тока короткого замыкания в соответствии с условиями после сборки.

7) Диапазон уровня изоляции разъема гибкого силового кабеля: выдерживаемое напряжение и частичный разряд должны учитываться при покрытии комбинации промежуточных соединений и тройников. При состоянии контакта погрешность значений контактного сопротивления всех соединений должна быть не более 20%.

А - 2.8.2. Механические свойства

А - 2.8.2.1 Гибкий силовой кабель

1) Гибкий кабель питания должен иметь хорошую эластичность. Его электрические и механические свойства должны оставаться неизменными после многократного повторного испытания 1000 раз на изгиб при условии, что радиус изгиба в 8 раз превышает внешний диаметр кабеля.

2) Если гибкий силовой кабель использует в качестве изоляции термостойкий сшитый полиэтиленовый изолятор, его нормальная допустимая температура составляет не менее 100 ° С.

3) В случае короткого замыкания допустимая температура гибкого силового кабеля не должна опускаться ниже 250 ° С.

А-2.8.2.2 Разъем гибкого силового кабеля

1) Разъем подключения должен быть пригодным для использования. После подключения блокирующее устройство должно быть прочно и надежно закреплено. При отключении, после снятия блокирующего устройства разъем должен быть переведен в отключенное состояние.

2) Защита: Защитные коробки и крышки, используемые для защиты и проверки должны быть в наличии при отключенном состоянии.

3) Повышение температуры: повышение температуры не должно превышать 55 (К) при номинальном токе 200 (А).

4) Механический срок службы разъема: более 1000 циклов (подключение и отключение считаются одним циклом).

5) Разъем должен соответствовать гибкому силовому кабелю и корпусу обходного переключателя.

6) Материал внутреннего провода разъема: медь, электрическое сопротивление которой должно соответствовать общим стандартам IEC.

7) Разъем должен иметь полный уровень изоляции (межфазное короткое замыкание не возникает, когда промежуточное соединение контактирует с поверхностью разъема; заземленное короткое замыкание не происходит, когда поверхность разъема контактирует с заземленной частью).

8) Тройник должен иметь изолирующую монтажную раму, которая легко устанавливается и закрепляется.

А - 2.8.3. Электрические испытания

Комбинация гибкого силового кабеля и его разъема должна быть подвергнута электрическим испытаниям, перечисленным в Таблице А-2.1.27. Расположение испытываемого объекта и способ подачи напряжения должны соответствовать требованиям координации изоляции.

А - 2.8.4 Механические испытания

Механическое испытание обычно выполняется во время типового испытания.

Подключенные гибкий силовой кабель и разъем должны быть подвергнуты испытанию на механическую усталость перед испытанием на повышение температуры и испытанием на частичный разряд.

Испытание на усталость: после 50-кратного введения и снятия выполнить испытание на повышение температуры. Во время испытания повышение температуры контрольной клеммы и промежуточного соединения не должно превышать 55 (К), когда переменный ток составляет 200 (А). Выполните проверку с помощью инфракрасного тепловизора. Соединительные детали провода между гибким силовым кабелем и его разъемом могут считаться соответствующим требованиям в случае, если нет отклонений.

Затем выполните испытание частичного разряда. Подайте напряжение переменного тока 12 (кВ) (0,6/1 (кВ):1 (кВ); кабель 18/20 (кВ): 24 (кВ)) на 3 минуты и измерьте величину частичного разряда, которая должна быть менее 10 (пК).

Таблица А-2.1.27. Испытуемые параметры и методы соединения гибкого кабеля питания и его разъема.

№	Параметр	Метод испытания	Результат испытания
1	Выдерживаемое напряжение промышленной частоты	Погрузите клемму и промежуточные соединения в воду на глубину 0,5 м на 2 часа. Затем подайте ток переменного напряжения 45 (кВ) (кабель 0,6 1 (кВ): 3,5 (кВ); Кабель 18/20 (кВ): 63 (кВ)) промышленной частоты на 5 минут. При проведенном испытании пробоя не произошло.	Нет пробоя
2	Частичный разряд	Подайте напряжение переменного тока 12 (кВ) (0,6/1 кВ: 1 (кВ); кабель 18/20 (кВ): 24 (кВ)) на объект испытаний. Величина частичного разряда составляет менее 10 (пК).	Величина частичного разряда менее 5 (пк)
3	Повышение температуры	Повышение температуры испытываемой клеммы и промежуточного соединения не превышает 55 (К) при переменном токе 200 (А).	Инфракрасный тепловизор не обнаруживает никаких отклонений в соединительных частях провода