

**Электричество
развлечений для
электрика и техника**

**Названия
на
АНГЛ**

Электричество развлечений для электрика и техника

Ричард Кадена

ЭОЖ 671.3

КБЖ 31.29

К 13

НЬЮ-ЙОРК И ЛОНДОН

Впервые опубликовано Focal Press в 2009 г.

Настоящее издание опубликовано в 2014 году

Focal Press

70 Blanchard Road, Suite 402, Burlington, MA 01803

Focal Press

2 Park Square, Milton Park, Abingdon, Oxon OX14 4RN

Focal Press - является товарным знаком Taylor & Francis Group

© 2014 Taylor & Francis

Права Ричарда Кадена в качестве автора этой работы было подтверждено им в соответствии со статьями 77 и 78 Закона об авторском праве, образцах и патентах 1988 год

Все права защищены. Никакая часть этой книги не может быть перепечатана, воспроизведена или использована в любой форме или любыми электронными, механическими или иными способами, известными или изобретенными в настоящее время, включая фотокопирование и запись в любой системе хранения или поиска информации, без письменного разрешения издателей.

Примечания

Знания и передовой опыт в этой области постоянно меняются. Поскольку новые исследования и опыт расширяют наше понимание, могут потребоваться изменения в методах исследований, профессиональной практике или медицинском лечении.

Практики и исследователи должны всегда полагаться на свой собственный опыт и знания при оценке и использовании любой информации, методов или экспериментов, описанных в настоящем материале. При использовании такой информации или методов они должны помнить о своей собственной безопасности и безопасности других лиц, включая стороны, за которые они несут профессиональную ответственность.

Названия продуктов или компаний могут быть товарными знаками или зарегистрированными товарными знаками и использоваться только для идентификации и объяснения без намерения нарушения прав.

Каталогизация библиотеки Конгресса по публикационным данным

Кадена, Ричард.

Электричество для электротехников индустрии развлечений / Ричард Кадена
pages cm

Включает библиографический список литературы и алфавитный указатель.

ISBN 978-0-415-71483-9 (pbk.) -- ISBN 978-1-315-88237-6 (ebook)

1. Электричество - меры безопасности. 2. Электрические цепи. 3. Внутренняя

Электропроводка

4. Освещение сцены. 5. Индустрия отдыха - электрическое оборудование. I. Наименование
TK152.C2185 2014

621.3028'9--dc23 2013036420

ISBN: 978-0-415-71483-9 (pbk)

ISBN: 978-1-315-88237-6 (ebk)

ISBN 978-601-333-640-4 (рус)

Содержание

VII

БЛАГОДАРНОСТЬ.....	X
ВВЕДЕНИЕ — Электричество – это жизнь.....	XI
ГЛАВА 1 Теория электричества.....	1
ЧТО ТАКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО?	1
Электроны в движении.....	2
Атом.....	2
Субатомная частица	3
Электростатическое притяжение и отталкивание	4
Проводящие свойства материалов.....	7
ПРАВИЛО ТОКА	8
Резюме	9
Понимание электричества.....	10
Глава 2 электричество постоянного тока.....	13
ПРИОТКРЫВ ЗАВЕСУ ТАЙНЫ	13
Аналогия воды и электричества	15
Цепь постоянного тока.....	15
Основы электросхемы	16
Закон Ома	18
Постоянный ток.....	22
Понимание постоянного тока.....	25
Глава 3 электрическая терминология.....	29
Важность терминологии.....	29
Напряжение.....	30
Электрический ток	31
Сопrotивление.....	32
Мощность	34
Энергия	34
Единицы измерения: Амперы, Вольты, Омы, Сименс, Джоули,	
Ватты.....	35
Ампер.....	35
Вольт	37

Категории счетчиков	37
Истинное среднеквадратичное значение против измерительного прибора средних значений	39
Ом	40
Сименс	40
Джоуль	40
Ватт	41
Полезные подсказки	41
Приставки Си и обозначения	42
Сохранение энергии	43
Понимание электротехнической терминологии	44
Глава 4 Электричество переменного тока	45
Магнетизм	45
Электромагнетизм	46
Магнитная индукция	47
Закон индукции Фарадея	48
Правило правой руки Флеминга	50
Генератор переменного тока	51
Комплекс упражнений Ваших знаний по синусоидальным сигналам	56
Частота	58
Синусоида	59
Максимальная синусоидальная мощность	60
Среднее значение по сравнению с максимальной синусоидальной мощностью	65
Измерительные приборы истинного среднеквадратичного значения	66
Понимание переменного тока	69
Глава 5 Электрические нагрузки	75
Сопротивление	75
Последовательное сопротивление	77
Параллельное сопротивление	77
Последовательное/Параллельное сопротивление	79
Реактивное сопротивление	80
Индукторы	80
Конденсаторы	84
Полное сопротивление	86
Комплексное сопротивление	88
Нелинейные нагрузки	93
Гармоническая волна	94
ГАРМОНИКИ ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА	95
Триплес	99
Понимание электрических нагрузок	99

Глава 6 Питание от сети переменного тока.....	105
ФАЗОВЫЙ УГОЛ	107
Мощность постоянного тока в сравнении с мощностью переменного тока	108
Комплексная мощность	110
Коэффициент мощности.....	112
Формула мощности переменного тока	113
Последствия низкого коэффициента мощности.....	113
Коррекция коэффициента мощности.....	114
Трёхфазная мощность	117
ЧЕТЫРЕХПРОВОДНОЕ ПЛЮС ЗЕМНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ УАЙ ИЛИ	
ЗВЕЗДЫ.....	118
Вычисления трехфазового питания	123
Понимание мощности переменного тока	124
Глава 7 Источники энергии	127
Трансформаторы.....	127
Отводы трансформатора.....	130
Распределительные трансформаторы	131
ТРЕХФАЗНЫЙ ЧЕТЫРЕХПРОВОДНЫЙ ПЛЮС ЗЕМЛЯ УАЙ ИЛИ	
ЗВЕЗДА.....	133
Трёхфазная трехпроводная дельта.....	138
ТРЕХФАЗНЫЙ ЧЕТЫРЕХПРОВОДНЫЙ ПЕРЕПАД (ВЫСОКИЙ ПЕРЕПАД	
НОГИ).....	139
Однофазный двухпроводной заземленный конец фазы.....	140
Однофазная трехпроводная заземленная центральная точка	140
Переносные электрогенераторы.....	141
Способ работы переносного генератора.....	144
Технические характеристики генератора	147
Эксплуатация и техническое обслуживание	148
Операция текущего контроля.....	149
Батарея питания.	150
Первичные и вторичные батареи.....	150
Химия батареи.....	151
Факторы опасности батареи	152
Характеристики безопасности в литиево-ионных батареях	153
Опасность поражения электрическим током	154
Коммерческая перевозка литиевых батарей	154
Надлежащая утилизация	155
Понимание концепций источников питания	156
Глава 8 Электробезопасность	159
Электрический шок.....	160
Влияние электрического тока	163
Безопасная работа.....	165
Блокировка и предупреждение	165

Простая блокировка и предупреждение против сложной блокировки и предупреждения.....	167
Вспышка дуги и дуговой разряд.....	168
Рабочая фаза.....	171
Границы защиты от ударов.....	171
Граница вспышки дуги.....	172
Средства индивидуальной защиты (СИЗ).....	174
Одежда, имеющая класс защиты от вспышки дуги.....	175
Защита рук от повреждений.....	176
Другие средства защиты.....	176
Понимание электротехнической терминологии.....	178
Глава 9 заземление.....	181
СИСТЕМА ЗАНУЛЕНИЯ / ЗАЗЕМЛЕНИЯ.....	181
НУЛЕВОЕ НАПРЯЖЕНИЕ.....	182
ОГРАНИЧЕНИЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ.....	184
ТИПЫ ЗАЗЕМЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ.....	184
ЗАНУЛЕНИЕ / ЗАЗЕМЛЕНИЕ ОТДЕЛЬНО ПРОИЗВОДНЫХ СИСТЕМ.....	185
ПРОВОДНИК ЗАНУЛЯЮЩЕГО/ЗАЗЕМЛЯЮЩЕГО ЭЛЕКТРОДА.....	160
ОСНОВНАЯ СОЕДИНИТЕЛЬНАЯ ПЕРЕМЫЧКА.....	193
ОБОРУДОВАНИЕ, ЗАЗЕМЛЯЮЩЕЕ ПРОВОДНИК / ЦЕПЬ ЗАЩИТНОГО ПРОВОДНИКА.....	195
ЗАЗЕМЛЕНИЕ ПРОТИВ ЗАЗЕМЛЕНИЯ ПРОТИВ СКЛЕИВАНИЯ.....	165
МОНО-ЗАЗЕМЛЕНИЕ ПРОТИВ МУЛЬТИ-ЗАЗЕМЛЕНИЯ.....	197
КОНТУРЫ ЗАЗЕМЛЕНИЯ.....	199
ИЗОЛИРОВАННОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ.....	200
СБАЛАНСИРОВАННЫЕ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ.....	202
ЗАЗЕМЛЯЮЩИЕ / ЗАЗЕМЛЯЮЩИЕ ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ ИЗОЛИРОВАННОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ.....	204
ПОНИМАНИЕ КОНЦЕПЦИЙ ЗАЗЕМЛЕНИЯ / ЗАЗЕМЛЕНИЯ.....	205
Глава 10 Максимальная токовая защита.....	209
Предохранители.....	210
ТОКОГРАНИЧИВАЮЩИЙ.....	212

Краны	212
Низкое напряжение, слаботочные предохранители	213
Автоматические выключатели	215
Номинал переключателя	215
Тепловые автоматические выключатели	217
Магнитные автоматические выключатели	219
ПРИБОРЫ ОСТАТОЧНОГО ТОКА	220
ПРЕРЫВАТЕЛИ ЦЕПИ ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ	222
Класс А ВКЗЗ	222
Понимание максимальной защиты по току.....	226
Глава 11 Диммирование, светодиоды и гармоники	229
Светодиодная подсветка	231
Стабилизация фазы диммирования	232
Стабилизация противоположной фазы диммирования.....	235
ДИММИРОВАНИЕ СИНУСОИДА	236
ПИТАЮЩИЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ ДЛЯ НЕЛИНЕЙНЫХ	
НАГРУЗОК	239
К-Номинальные трансформаторы	240
Гармонические смягчающие трансформаторы	241
Системы подавления гармоник	243
ПОНИМАНИЕ СИСТЕМ ДИММИРОВАНИЯ	244
Глава 12 временное и переносное распределение электроэнергии	247
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ И ПОДГОТОВКА	
ШОУ	247
ПРОДВИЖЕНИЕ ШОУ	250
Загрузка и предварительная компоновка.....	250
Подключение	252
Перед включением	254
КОНТРОЛЬ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ	255
Разрешающее падение напряжения	257
Питающий кабель	258
Однополюсные Соединители	264
Калибровка нейтрального проводника.....	267
Портативные системы распределения силы	268
Схемы ответвления или распределительные сети	270
Точки ответвления и паучковые центрирующие шайбы	274
Разъемы устройств	274
Ступенчатый штыревой соединитель	277
Соединительные устройства NEMA	277
Powercon	280
15-Амперные Вилки	281
Соединительные устройства СЕЕ-формы	281
Соединительные устройства Международной электротехнической Комиссии.....	282
Соединительные устройства Шуко	282

Австралийские Соединительные устройства	283
Понимание передовой практики, кодексов и правил	284
Приложение 1 ...(Очень) короткая история портативного электроснабжения.	287
Приложение 2 Цветовые Коды	293
Приложение 3 допустимые значения параметров IP и NEMA	295
Приложение 4 Полезные Формулы.....	301
Приложение 5 Коэффициенты конверсии.....	305
Приложение 6 Коэффициенты Преобразования Энергии	307
Приложение 7 научное, экспоненциальное и инженерное представление	309
Приложение 8 Расчет Среднеквадратичного Значения	311
Приложение 9 Ответы на практические вопросы.....	313
Приложение 10 Напряжения и частоты во всем мире	355
Список литературы	371
Алфавитный указатель.....	373

Привязка к созданию

Вы творец.

Независимо от вашей формы выражения - фотография, кинопроизводство, анимация, игры, аудио, медиа-коммуникации, веб-дизайн, театр-вы просто хотите создавать без ограничений.

Focal Press может помочь.

Уже более 75 лет Focal издает книги, которые поддерживают ваши творческие цели. Наш основатель, Андор Красна-Крауз, создал Focal в 1938 году, чтобы Вы могли иметь доступ к передовым экспертным знаниям, методам и инструментам, которые позволяют создавать без ограничений. Мы стремимся создавать исключительный, привлекательный и практичный контент, который поможет вам овладеть своей страстью.

Focal Press и Вы.

Обязан творить.

Мы хотели бы услышать, как мы помогли Вам создать. Поделитесь своим опытом: www.focalpress.com/boundtcreate

Благодарность

XIV

Когда я был в третьем классе, в моей начальной школе был карнавал, и я легко выиграл шоколадный торт. Каждый из призовых тортов был сделан матерями, и у каждого был маленький напечатанный от руки листок, отмечающий, какой класс учителя пожертвовал торт. Тот, который я выиграл, был подарен кем-то из моего класса, поэтому на нем было имя моего учителя. Я был взволнован, потому что, в конце концов, кто не любит шоколадный торт? И это стало возможным благодаря моей любимой учительнице во всем мире, Миссис Швейцер. Я был так взволнован, что, как только мне вручили шоколадный торт, побежал через комнату к миссис Швейцер, чтобы показать его ей. Она взглянула на торт с надписью “Миссис Швейцер” и решила, что я ей его даю. Она ахнула от удивления, поблагодарила меня и ушла, сияя. Я тоже ахнула от удивления, но я стояла там с пустыми руками, мечтая только об одном вкусе этого шоколадного торта. Поэтому я не могу никому выразить благодарность, пока не поблагодарю ее, потому что она буквально забрала торт.

Если кто-то и заслуживает торта, так это все великие люди в Focal Press, особенно мой рецензент издательства Стейси Уокер, за то, что он довел этот проект до конца, и менеджер издательского проекта Меган Уайт за то, что она была действительно терпелива, когда я прошел рубеж. И я не могу забыть Кару Сент-Илер (урожденную Андерсон), рецензент издательства оригинальной версии этой книги. Я также не премину поблагодарить Алана Роу, директора по безопасности и обучению IATSE Local 728, за рецензирование сотен тысяч слов в этой книге.

И для тех многих людей, которые были достаточно добры, отвечая на мой устойчивый шквал вопросов и никогда не жаловались, я хотел бы поблагодарить Вас—Рон Далквист из компании Dadco Power; Митч Хефтер, Philips Lighting; Джордж Лонг из компании Aggreko; Е. Н. В. “Chipmonck” Monck; М. Эрик Раймс, факультет систем освещения школы искусств Северной Каролины; Карл Рулинг из PLASA; Стив Терри, и т. д.; Кен Вэннис, Leviton; Арт Ванух из KRE Electric; Кейт Вудс IATSE Local 891; и Майк Вуд, Mike Wood Consulting. Некоторые из вас отвечали на вопросы и жаловались, и я Вам благодарен, но в этом случае для вас нет торта.

И очень особенным людям, которые придают смысл моей жизни и работе, вы должны получить торт и мороженое. Спасибо Лиза и Джоанна “Джои” Кадена.

Есть так много людей, которые, так или иначе, помогли создать эту книгу. Спасибо Вам всем и пусть ваши дни будут наполнены лучшим тортом во время праздничных дней.

Электричество- ЭТО ЖИЗНЬ

XVII

ВВЕДЕНИЕ

“Есть только два способа прожить свою жизнь. Как будто нет ничего чудесного. Другой - как будто все это чудо.”

Альберт Эйнштейн

Около восьми лет назад Джим Аттербек из IATSE Local 22 попросил меня провести трехдневный курс по электричеству, распределению энергии и системам управления для группы опытных профессиональных рабочих сцены. Я предполагаю, что причина, по которой он спросил меня, заключается в том, что я написал книгу под названием Автоматизированная система освещения: Искусство и наука движущегося света, и я вел регулярную колонку в журнале PLSN, поэтому у меня был довольно высокий профиль и достаточный опыт в сценическом освещении, поэтому он думал, что я был логичным выбором. Хотя я изучал электротехнику в Техасском университете, ничто не могло подготовить меня к тому, что должно было произойти.

После относительно гладкого первого дня занятий второй день быстро пошел вниз, когда некоторые из участников в тот день тщательно изучили формулу трехфазной мощности. В моей попытке окончательно ответить на вызов я разочаровался, и чем больше я разочаровывался, тем больше все шло под откос. Возможно, это был худший день в моей карьере.

Но я выжил, и я поклялся лучше понять материал, который я представлял, чтобы я никогда не оказался в такой ситуации снова. Оглядываясь назад, я понимаю, что этот день стал определяющим в моей карьере, и теперь понимаю, как он подтолкнул меня к усердной работе над материалом. Я искренне верю, что я самый подходящий человек для этого.

С того дня я узнал так много не только об электричестве и электробезопасности, но и об изменениях и личностном росте. Один из самых важных уроков, который я усвоил, заключается в том, что никто не знает всего, включая меня. У каждого есть пробелы в знаниях. И это не обязательно является отражением интеллекта или его отсутствия, но чаще всего это отражение их опыта и того, что они испытывали и не испытывали. Я понял, что, если вы действительно хотите расширить свои возможности, вы должны сначала признать, что ваши возможности ограничены, и это требует мужества. Как однажды сказал бывший премьер-министр Великобритании Бенджамин Дизраэли: "глупый человек удивляется; мудрец спрашивает.”

Я понимаю, почему некоторые люди не хотят признавать, что они ничего не знают о выбранной профессии. Если вы проводите годы или десятилетия, выполняя свою работу, и вы гордитесь тем, что делаете, признать, что вы не знаете, что—то может быть унижительным. Или вы можете принять это.

Два года назад я был на семинаре в PLASA в Лондоне о качестве света и различиях между лампами накаливания и светодиодами, который провел Фред Фостер, приветливый совладелец Electronic Theatre Controls (ETC). В комнате было человек 50-60, а через несколько стульев от меня сидел один из самых блестящих дизайнеров по свету, Ричард Пилброу. Когда Фостер упомянул термин “метамерия”, Пилброу был единственным, кто поднял руку, чтобы прервать Фостера. - Что это за термин, метамерия?

- спросил он. Я абсолютно убежден, что он был не единственным в комнате, кто не знал этого термина, но из всех людей в комнате он был единственным, кто хотел признать, что не понимает. Вот дизайнер мирового класса, признающий, что он ничего не знает об освещении. Мое уважение и восхищение им росли в геометрической прогрессии.

Еще один очень важный урок, я узнал, что опыт не всегда преподносит уроки. Пару лет назад я работал над шоу с кантри-дизайнером. Мне дали список снаряжения, и я пошел в прокатную компанию, чтобы вытащить его, загрузить в грузовик и взять его на концерт. В списке снаряжения было четыре следующих пункта, и это были сильные супергруппы с внешними балластными источниками питания. Я втащил все четыре прожектора, а затем блоки питания. У первого был силовой кабель с внешним заземляющим или заземляющим проводником, и он был сломан на разъеме. Я подумал: "О, это позор" (или что-то в этом роде!) и я пошел за другим. У второго также был внешний заземляющий провод, который был сломан на разъеме, также как и третий, и четвертый!

Эти проводники не сломались ни утром, ни днем раньше. На самом деле, они выглядели так, как будто они были сломаны давно, потому что нити проводника были согнуты и изношены, и все они были окислены. Я бы предположил, что они были сломаны, по крайней мере год назад или больше.

Если вы рабочий сцены, и вы использовали один из этих источников питания с прожектором на шоу, в конце дня, когда шоу закончилось, вы можете подумать про себя: “хм, это прошло хорошо. Прожектор сработал, и никто не пострадал и не погиб. Мне не нужен зеленый заземлитель. Он должен быть там только для показухи или электрического инспектора.”

Если это то, что вы думали, вы были бы абсолютно неправы. Все, что для этого требуется, - это одна неисправность от токоведущего проводника к корпусу, и следующий человек, который одновременно коснется корпуса прожектора и заземленной платформы, может получить смертельный удар. И тогда эта теория о том, что заземляющий проводник не нужен, опровергается глубоко печальным образом.

Но образование и обучение сами по себе не являются полным ответом. Как

сказал Гэндальф в "Хоббите": "мир не в ваших книгах и картах, он снаружи."

Я убежден, что лучшее решение-это прочный фундамент образования, реальный мировой опыт и постоянное обучение. Подобно трем ножкам стула, они являются минимальными требованиями для безопасности отрасли. В нашей отрасли было слишком много аварий, и если мы хотим их устранить, потребуется больше образования, подготовки и опыта. Мы должны преодолеть стандартные возражения...

"Что, если я заплачу за обучение своих сотрудников, и они уйдут?" босс говорит. - а что, если ты их не обучишь, и они останутся?" приходит мудрый ответ.

Большинство этих несчастных случаев происходит не из - за отсутствия опыта, а из-за отсутствия подготовки. Это означает, что их можно предотвратить путем надлежащего обучения и просвещения об опасностях работы и о том, как их смягчить.

Безопасность не является обязательной, это требование. Поэтому тренинги тоже должны проводиться. В конце дня мы все сможем пойти домой и поужинать с нашими семьями или сесть в автобус с остальной командой. Пока этого не произошло, никто не должен отдыхать спокойно, никто не должен принимать безопасность как должное, и никто не должен упускать важность образования и обучения.

С этой целью, эта книга написана, чтобы помочь заполнить пробелы для тех из нас в индустрии, кто ищет ответы на вопросы, на которые нельзя ответить только путем применения опыта. И на них нельзя ответить только теорией. Это книга, которая пытается преодолеть этот разрыв.

С момента первого издания этой книги в 2006 году в отрасли произошло много изменений, в основном в типе нагрузок, которые мы используем. Принципы электричества не изменились, но то, как мы его используем, изменилось и продолжает меняться. Самым большим изменением за последние несколько лет является то, что светодиоды стали повсеместными, и они очень отличаются от источников накаливания, которые они заменяют. Они являются нелинейными нагрузками, и по своей сути имеют низкий коэффициент мощности. Некоторые из них скорректированы на коэффициент мощности, но другие нет. Если вы работаете с большой системой, и вы не знаете об этих факторах, это может быть проблемой. Поэтому в этой книге больше обсуждаются нелинейные нагрузки, коэффициент мощности (которые, кстати, являются двумя несвязанными явлениями), широко-импульсная модуляция и светодиоды.

Кроме того, в этом издании больше говорится о портативных генераторах энергии, о том, каков их размер и как лучше понять их спецификации. Многие очень умные и опытные люди в нашей отрасли неправильно понимают разницу между властью и кажущейся властью, и я надеюсь, что информация в этой книге поможет в этом отношении.

Одна из самых больших забот в распределении мощности для безопасности каждого вовлеченного человека. Сложно охватить всю информацию в NFPA

70E: Стандарт электробезопасности на рабочем месте, не говоря уже обо всех других кодексах, правилах, руководствах и рекомендуемой практике, но в этой книге гораздо больше информации, связанной с безопасностью, по сравнению с последним изданием.

Наконец, в последней главе содержится гораздо больше информации, рисунков и примеров, связанных с практическим применением. Некоторая информация, как степень IP-защиты, коды цвета и т.д., перенесена в приложения, с тем чтобы было легче сослаться на этот материал. Я также хотел дать больше практических задач и ответов, чтобы помочь укрепить материал в книге.

В отличие от предыдущей версии этой книги, это книга самолета. То есть около 90% из них было написано в самолете, путешествующем между концертами. Но в наши дни, большинство моих концертов перед такими людьми, как вы, которые либо стремятся к профессионализму, либо являются профессионалами, которые хотят узнать больше о ремесле постановки. Я с гордостью и смирением говорю, что мне удалось достойно зарабатывать на жизнь, проводя семинары, практикумы и тренинги, и у меня есть много, много людей, чтобы поблагодарить их за это. Если вы когда-либо посещали один из них, я благодарен вам. Если вы когда-либо помогали организовать мне семинар, я благодарю вас. И если вы еще не приняли участие, чего же вы ждете? До тех пор я надеюсь, что вы найдете эту книгу полезной и приятной, и я надеюсь, что вы сможете прочитать ее в самолете или с кем то, где эти слова будут легко восприняты Вами.

Теория электричества

"Электричество-это действительно просто организованная молния."

Джордж Карлин

ЧТО ТАКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО?

На протяжении тысячи лет молния (электричество) озадачивала и пугала людей. За последние несколько сотен лет такие ученые, как Бенджамин Франклин, Андре - Мари Ампер, Алессандро вольт, Майкл Фарадей и многие другие, объединили понимание электричества и помогли раскрыть его секреты. Шаг за шагом они построили правдоподобную модель электричества, которая соответствовала математическим формулам и давала реальное объяснение этого явления. Даже после того, как они получили базовое представление о ключевых взаимосвязях и особенностях электричества, первые пионеры, такие как Джозеф Свон, Томас Эдисон, Никола Тесла и Джордж Вестингауз, все еще пытались использовать его энергию для ежедневного использования безопасным и эффективным способом.

В то время, в конце 1800-х и начале 1900-х годов, одним из первых практических применений электричества было освещение общих районов, таких как городские улицы. Нью-Йорк быстро запутался-буквально-в электрических проводах и электричестве. Несколько раз испуганные прохожие становились свидетелями случайного поражения электрическим током рабочих при дневном свете, и электричество приобретало репутацию таинственного и опасного явления. Томас Эдисон играл на страхе общественности, чтобы защитить свои экономические интересы, продвигая распределение электроэнергии постоянного тока как более безопасное, чем распределение электроэнергии переменного тока, в то время как Джордж Вестингауз развивал свой бизнес на принципах переменного тока и присущих ему экономических преимуществах над постоянным током. Последовавший за этим спор не ослабил опасений общественности по поводу электричества, не помог прояснить его природу и не способствовал его пониманию.

По сей день многие люди плохо понимают природу электричества. Некоторым из нас все еще трудно ответить на вопрос: "Что такое электричество?" В конце концов, мы не можем его видеть, слышать или обонять. И мы, конечно же, не хотим его пробовать или чувствовать.

Электрик может понять, как подключить систему распределения электроэнергии, но не может полностью понять, как именно ведет себя электричество. Изучая основы электричества, мы можем лучше понять, как использовать электричество безопасно, эффективно и в рамках кодексов и правил, которые помогут нам преуспеть в нашей работе в индустрии развлечений, сохраняя нас в безопасности.

ЭЛЕКТРОНЫ В ДВИЖЕНИИ

Короткий ответ на вопрос “Что такое электричество?” это передача энергии через движение заряда с электронами. Молния является примером электричества и электронов-их много, много—в движении. Электрики, как правило, обеспокоены гораздо более контролируемой ситуацией, когда электричество протекает по заданному пути безопасным, предсказуемым образом. Но электричество, которое мы используем в шоу, ничем не отличается от удара молнии, статического разряда или батареи фонарика, питающей светодиод. Каждый из них является примером передачи энергии через движение электронов.

Но откуда берутся эти электроны? Ответ можно найти в одной из самых основных строительных блоков Вселенной, атома.

АТОМ

Слово “атом” происходит от греческого слова *atomos*, что означает неделимый. Это самая маленькая частица, которая все еще сохраняет свойства элемента, из которого оно происходит. Когда вы учились в школе, вас, вероятно, учили классической модели атома с ядром в центре и электронами, вращающимися вокруг него. Ядро состоит из протонов и нейтронов, и они удерживаются вместе ядерными силами. Определенное количество нейтронов, протонов и электронов зависит от элемента. Например, атомы меди обычно имеют 29 протонов и 35 нейтронов, и 29 электронов.

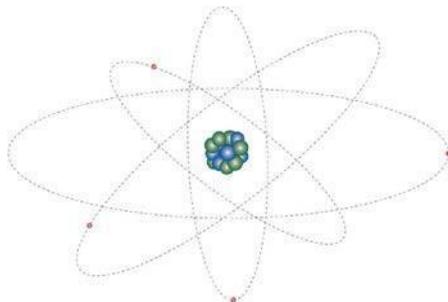


Рисунок 1.1

Классическая

модель атома, показывающая ядро в центре и электроны на орбите вокруг ядра. (Не в масштабе.)

Если вы возьмете боковые резак и отрежете небольшую медную нить от кабеля, у вас будут миллиарды атомов меди. Если вы затем разрежете этот кусок пополам, а затем еще раз пополам, и снова и снова, пока не дойдете до одного куска, который все еще выглядел и действовал как медь, тогда у вас будет атом. Но будьте осторожны с этими резаками. Один атом меди составляет примерно 10-12 метров в диаметре. Другими словами, требуется около 254 миллиардов атомов меди, расположенных рядом, чтобы сделать 2,5 сантиметра (1 дюйм) кусочка меди. Удачи Вам.

Рисунок 1.2

Потребовалось бы приблизительно 254 миллиарда атомов меди, чтобы охватить 2,5-сантиметровую (1 дюйм) ширину медной проволоки.



Атомы буквально повсюду. Они составляют воздух, которым вы дышите, воду, которую вы пьете, одежду, которую вы носите, и пищу, которую вы едите. Они являются строительными блоками Вселенной.

СУБАТОМНАЯ ЧАСТИЦА

Несмотря на то, что древние греки думали, атомы могут быть разделены. Получается, что они состоят из еще более мелких субатомных частиц, называемых электронами, нейтронами и протонами. Эти субатомные частицы очень важны для понимания электричества. Электроны несут отрицательный заряд, протоны имеют положительный заряд, а нейтроны не имеют заряда вообще. Именно взаимодействие этих зарядов вызывает явление, которое мы называем электричеством.



Нейтрон



Протон



Электрон

Рисунок 1.3

Атомы состоят из частиц, называемых нейтронами, протонами и электронами. Нейтроны не несут заряда, протоны заряжены положительно, а электроны - отрицательно. (Не в масштабе. Цвет был добавлен автором, чтобы различать различные частицы.)

ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЕ ПРИТЯЖЕНИЕ И ОТТАЛКИВАНИЕ

Заметьте, что атом меди имеет такое же количество электронов, как и протонов. Заряд одного электрона такой же силы, как и у одного протона, но противоположной полярности. В большинстве атомов, число электронов совпадает с числом протонов, поэтому заряды компенсируют друг друга, в результате чего общий заряд равен нулю. Иногда атом может потерять электрон или два, потому что какая-то другая сила, внешняя по отношению к атому, такая как батарея, может оттащить его. В этом случае заряды в атоме больше не уравниваются, и он становится положительно заряженным.

Один из фундаментальных законов природы является то, что противоположные заряды притягиваются, а одноименные заряды отталкиваются. Два протона будут отталкиваться друг от друга, как и два электрона. Но протон и электрон будут притягиваться друг к другу. Насколько сильно они притягиваются, зависит от силы зарядов и от того, насколько они близки друг к другу. Один протон несет фиксированный положительный заряд, а один электрон несет фиксированный отрицательный заряд, поэтому сила полного заряда зависит от числа участвующих протонов или электронов. Атом с двумя протонами, например, имеет вдвое большую силу притяжения к электрону, чем атом с одним протоном.

Сила притяжения между двумя противоположными зарядами также изменяется в зависимости от расстояния между ними, но не так, как можно было бы ожидать. Если расстояние между зарядами удвоить, то сила притяжения или отталкивания уменьшится в четыре раза; если расстояние уменьшить вдвое, то сила увеличится в четыре раза. Это то, что называется обратной экспоненциальной зависимостью.

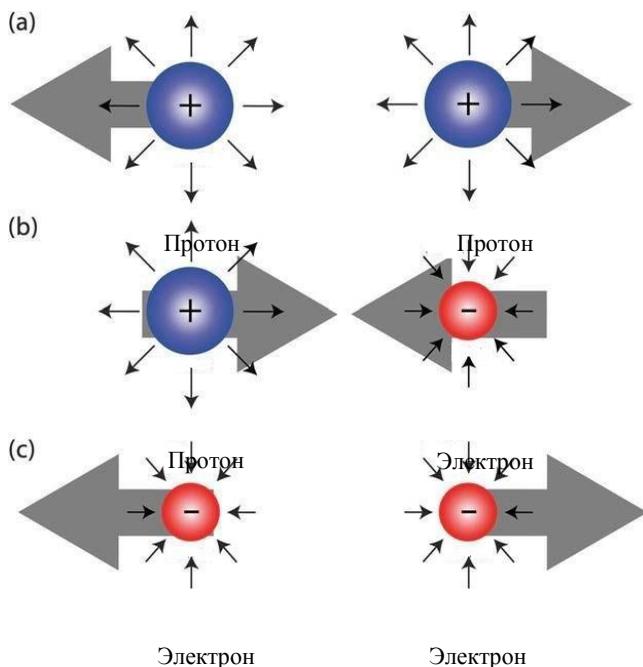


Рисунок 1.4

Противоположные заряды притягиваются (b); подобные заряды отталкиваются [(a) и (c)]. (Не в масштабе.)

Поскольку противоположные заряды притягиваются, электроны остаются на орбитах вокруг ядра атома из-за электростатические притяжения с протонами. Однако некоторые электроны вращаются так далеко от ядра, что связь относительно слаба. Чтобы дать вам представление об относительных расстояниях, предположим, что мы могли бы расширить атом меди так, чтобы ядро было размером с мяч для гольфа. Тогда вам придется пройти около 2,41 километра (1,5 мили), прежде чем вы найдете самые внешние электроны.

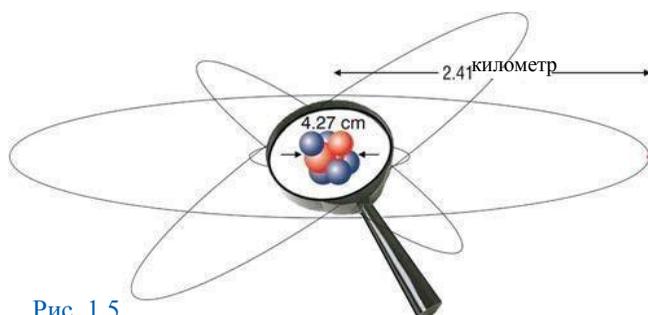


Рис. 1.5

Если бы ядро атома было размером с мяч для гольфа, то самые внешние электроны вращались бы вокруг на расстоянии 2,41 километра (1.5 миль).

Если к концу куска медной проволоки приложить другую внешнюю силу, например положительную клемму батареи, электроны на внешней орбите атомов меди в проволоке могут быть оттянуты и освобождены от атома. Когда это происходит, атом становится "ионизированным", и теперь он несет положительный заряд, потому что он пропускает отрицательно заряженный электрон. Освобожденные электроны, которые оттягиваются от ядра атомов, "дрейфуют" к внешней силе. Поскольку электроны настолько малы, требуются миллиарды из них, чтобы составить сколько-нибудь заметное количество электричества. Когда все эти частицы движутся через ограниченное пространство проводника, они имеют тенденцию сталкиваться друг с другом, вызывая трение, которое вызывает тепло. Чем больше частиц движется через проводник, тем больше они сталкиваются и тем больше тепла генерируется. Движущиеся электроны представляют электрический ток, а столкновение электронов представляет электрическое сопротивление. Продуктом электрического тока и сопротивления является тепло. Вот почему может быть очень жарко, когда вы входите в более тусклую комнату или когда вы касаетесь проводника, который проводил много тока.

Не пытайтесь

проводит ток. Он запечется. Чем больше ток он проводит, тем больше он выпекается и тем быстрее он достигнет конца срока своей жизни.

Если мы хорошо относимся к распределительному устройству и используем его осторожно, это даст нам гораздо больше лет службы, чем если бы мы плохо обращались с ним. Когда мы запускаем его на полную мощность или почти на полную мощность, это тяжело для

Представьте, что вы взяли изолированный проводник, такой как фидерный кабель, обычно используемый для подачи временного питания на шоу, и поместили его в духовку, которая была предварительно нагрета до температуры, скажем, 105°C (221°F) примерно на столько, сколько длится типичное шоу (пару часов?). В конце этого времени, если вы достанете его и положите на рабочий стол, чтобы дать ему остыть в течение часа, а затем потрогайте, на что будет начинать портиться изоляция или оболочка проводника. Это может даже не быть очевидным, если это не катастрофическое расплавление, но чрезмерное тепло приведет к преждевременному разрушению и выходу из строя изоляции или корпуса. Это может занять месяцы или годы, до полного провала, или это может занять часы или минуты. Но каждый раз, когда кабель или провод находится в эксплуатации, он "выпекает" изоляцию вокруг него.

ПРОВОДЯЩИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ

Для того, чтобы ток протекал, должен быть проводящий путь, выполненный из проводящего материала, такого как медная проволока, вода, воздух или какая-либо другая проводящая среда. Некоторые материалы являются лучшими проводниками электричества, чем другие из-за структуры атомов, из которых они изготовлены. Чем лучше проводник, тем меньше он противостоит свободному течению электричества; и наоборот, чем хуже проводник, тем больше он противостоит свободному течению электричества.

Медь, золото, серебро, алюминий и другие металлические элементы являются хорошими проводниками. Другие материалы, такие как углерод, дерево, стекло и резина, являются настолько плохими проводниками электричества, что их считают хорошими изоляторами, потому что они сильно препятствуют свободному потоку электричества. Также иные материалы, такие как германий и кремний, будут проводить электричество при определенных условиях, например, поднимая температуру или помещая их в электрическое поле. Эти материалы известны как полупроводники.

Таблица 1.1 показывает, насколько резистивен каждый материал (обозначается греческой буквой ρ или ρ_{ho}). Обратное удельное сопротивление называется проводимостью, что также показано в таблице (обозначается греческой буквой

σ или Сигма). Обратите внимание, что приведенные значения действительны только для температуры 20°C (68°F), поскольку они зависят от температуры.

Рис. 1.6

Типичный столб имеет различные проводники и диэлектрики. Медные или алюминиевые провода и металлический корпус трансформатора являются хорошими проводниками; деревянный полюс и стеклянные или керамические изоляторы являются плохими проводниками.



ПРАВИЛО ТОКА

Мы начали эту главу с утверждения, что электричество-это передача энергии через движение отрицательно заряженных электронов. Каким же тогда считается направление потока электричества? Это же как направление потока отрицательно заряженных электронов, или это направление, в котором может течь положительный заряд?

Таблица 1.1 Удельное сопротивление и проводимость материалов при 20°C

Материал	Удельное сопротивление	Проводимость σ ($\times 10^7/\Omega\text{m}$)
	ρ (Ом м)	
Серебро	1.59×10^{-8}	6,29
Медь	1.68×10^{-8}	5,95
Золото	2.2×10^{-8}	4,5
Алюминий	2.64×10^{-8}	3,77
Вольфрам	5.6×10^{-8}	1,79
Железо	9.71×10^{-8}	1,03
Платина	10.6×10^{-8}	0,943
Припой (63/37 Sn / Pb)	14.4×10^{-8}	0,694
Свинец	22×10^{-8}	0,45
Ртуть	98×10^{-8}	0,10
Нихром (Сплав Ni, Fe, Cr)	100×10^{-8}	0,10
Угольный (графит)	$3-60 \times 10^{-5}$	—
Германий	$1-500 \times 10^{-3}$	—
Кремний	0.1-60...	—
Кварц (плавленный)	7.5×10^{17}	—
Твердая резина	$1-100 \times 10^{13}$	—

До того, как было много известно об электричестве, электричество считалось невидимой жидкостью. Позже выяснилось, что на самом деле это был поток очень мелких частиц. Как вы думаете, какова полярность этих частиц? Вероятно, положительная. Разве это не естественное предположение? И именно тогда была создана стандартное Правило тока; следовательно, правило заключалась в том, что ток течет в направлении положительных зарядов, противоположном направлению потока электронов.

Важно помнить, что ток течет от положительного полюса источника питания к отрицательному полюсу. Основным исключением является ВМС США, который использует противоположное действующее правило.

РЕЗЮМЕ

Электричество – это передача энергии посредством движения электронов, несущих заряд. Электроны, субатомные частицы с отрицательным зарядом, вращающиеся вокруг ядра атома. Когда к проводнику прикладывается внешняя сила, подобная напряжению, электроны могут быть вытянуты из атома. Поскольку электроны настолько малы, требуются миллиарды из них, чтобы составить сколько-нибудь заметное количество электричества. Трение, производимое огромным количеством электронов, сталкивающихся друг с другом, производит тепло.

Атомы некоторых материалов отдают свои электроны легче, чем другие. Некоторые материалы, такие как золото, серебро и медь, являются лучшими проводниками, чем другие, такие как углерод, дерево, стекло и резина. Третьи, такие как германий и кремний, могут быть непроводниками или проводниками в зависимости от определенных условий. Электрический ток течет от положительной клеммы источника питания к отрицательной клемме.

ПОНИМАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

1.1 Что такое электричество?

1.2 Как называется отрицательно заряженная частица в атоме?

1.3 Производство тока и сопротивление проводника является тепловой энергией.

Если бы у вас было два проводника с одинаковым током, и один из проводников имел бы меньшее сопротивление, чем другой, который бы нагревался?

1.4 Если производство тока и сопротивления-это тепло, станет ли токопроводящий провод горячее или холоднее, если вы сократите его длину?

1.5 Если электрическое сопротивление вызвано тем, что субатомные частицы сталкиваются друг с другом и вызывают трение, которое имеет меньшее сопротивление, проводник с большим диаметром поперечного сечения или проводник с меньшим диаметром поперечного сечения?

1.6 Какова цель изоляции вокруг проводника?

1.7 Что произойдет с изоляцией вокруг проводника, если сопротивление проводника слишком велико или ток, протекающий через проводник, слишком высок?

1.8 Когда электрон отрывается от орбиты атома, он становится Ионизированным?

1.9 Какова полярность заряда ионизированного атома?

1.10 Что делает некоторые материалы лучше проводников, чем другие материалы?

1.11 Если молния-это поток электричества, то что такое проводящая среда?

1.12 Для того, чтобы проходил ток, там должно быть напряжение и?

1.13 Что мешает течению течь там, где мы этого не желаем?

1.14 Каковы вероятные последствия запуска системы распределения электроэнергии на полную мощность?

- 1.15 Что такое пример изоляционного материала?
- 1.16 Что является более проводящим, вольфрам или железо?
- 1.17 Что такое инверсия удельного сопротивления?
- 1.18 Почему направление тока противоположно направлению потока электронов?
- 1.19 Течет ли обычный ток к положительному выводу батареи или от него?
- 1.20 Как резиновые перчатки помогают предотвратить удар током?

Глава 2

Электричество постоянного тока

13

- На самом деле электричество состоит из мельчайших частиц, называемых электронами, которые невозможно увидеть невооруженным глазом.”

Дэйв Барри

ПРИОТКРЫВ ЗАВЕСУ ТАЙНЫ

Электричество-удивительное явление. Его энергия может проявляться в виде света, звука, тепла или движения. Вот почему это так важно для тех из нас, кто работает в индустрии развлечений. Мы используем его для создания фантастического освещения, красивого звука, потрясающих видеоизображений и впечатляющих спецэффектов. Но для новичка поведение электричества может быть неуловимым и сложным для понимания, потому что мы не можем его видеть. По этой причине, его природа скрыта завесой тайны.

Представьте, как изменилось бы наше восприятие воды, если бы мы ее не видели. Люди, казалось бы, волшебным образом летают по воздуху, когда они плавают, и океанские волны, казалось бы, необъяснимые силы, которые могли бы сбить вас с ног в кажущееся случайным время, когда вы шли по пляжу.

Вот как я относился к электричеству, когда был молод. Когда мне было около десяти лет, меня внезапно поразило сильное желание понять, как работают радио и телепатические видения. Я был совершенно сбит с толку, и я изо всех сил пытался понять, как голос человека может выйти из радио и как движущееся изображение может появиться на телевидении. Я решил это выяснить.

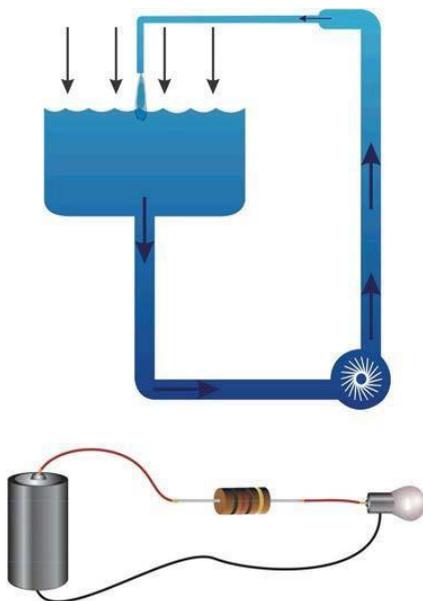
Однажды родители оставили меня одного в доме, что всегда было сомнительной практикой. Я решил, что открою секреты электроники, поэтому взял одну из старых раций отца из гаража. Я был уверен, что если загляну внутрь, то смогу понять, как это работает. Поэтому я взял отвертку и открутил четыре винта, крепящие крышку радиоприемника к корпусу. Но то, что я нашел, было печатной платой с транзисторами, резисторами, конденсаторами, трансформатором и динамиком. Это не помогло разрешить загадку того, как это работает.

Но я не собирался позволить этому остановить меня. Я просто знал, что, если я смогу заглянуть внутрь одного из этих компонентов, я смогу это понять. В конце концов, я был умным десятилетним ребенком. Поэтому я взял плоскогубцы и стал крутить резистор, пока он не оторвался от платы. Затем я взял то, что, как я вскоре узнал, было одним из моих любимых инструментов анализа электроники — это называется молоток — и я разбил резистор, чтобы я мог хорошо посмотреть внутрь. Все, что я нашел, была куча черного угольного порошка. Опять же, это не помогло мне понять это. Мое желание узнать, как это работает, только усилилось.

Годы спустя, когда я пошел в среднюю школу и узнал, что они предлагают занятия по электронике, я ухватился за эту возможность. Я, наконец, узнаю, как работают эти устройства. Это было двухлетнее обучение, и в моем первом классе была смесь первокурсников и второкурсников. Учитель говорил о напряжении и токе, и в течение первых двух недель я был полностью и безнадежно потерян пока он не объяснил это в терминах, которые я мог понять. Он рассказал нам, что электричество подобно воде.

Рисунок

2.1 Верх: Гравитация толкает вниз на поверхность воды в баке, который создает давление воды, которое заставляет двигаться воду через трубу. Меньшая труба сопротивляется потоку воды, который проходит через трубу, а клапан потока включает и выключает воду. Дно: В цепи постоянного тока электрическое давление или напряжение, подаваемое батареей, управляет током по проводам почти так же, как давление воды заставляет воду проходить через трубы. Резистор в цепи постоянного тока ограничивает поток электричества к лампочке.



АНАЛОГИЯ ВОДЫ И ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Гидравлическая система, по его словам, похожа на электрическую. Давление воды, расход воды и сопротивление потоку воды в гидравлической системе аналогичны напряжению, току и сопротивлению потоку электричества в электрической цепи. Давление воды, как и напряжение, является силой, которая толкает воду через трубу. Без него вода не течет. К тому же без напряжения электрический ток течь не будет.

Вода, протекающая через трубу, аналогична току, протекающему через проводник, а труба аналогична проводнику. Чем больше труба, тем легче течет вода; Чем меньше труба, тем меньше воды может течь. Таким образом, небольшая труба аналогична небольшому проводнику или электрическому компоненту с высоким сопротивлением. Большая труба аналогична большому проводнику или электрическому компоненту с низким сопротивлением.

Полная система распределения воды аналогична электрической цепи. Вода, хранящаяся в резервуаре, как батареи с хранимым зарядом. Цистерна с водой держит воду высоко в воздухе, и сила тяжести нажимает вниз на поверхность воды, которая производит давление воды. Это очень похоже на “электрическое давление” или напряжение в батарее. Труба, по которой вода поступает в секцию, подобна проводу, по которому электрический ток идет от батареи к лампочке. По пути есть выключатели и клапаны, которые включают и выключают воду или электричество. Когда кран открыт, вода течет, и когда выключатель включен, ток течет.

ЦЕПЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Простая схема постоянного тока показана на рисунке 2.2. Батарея, обозначенная символом с чередующимися короткими и более короткими линиями, подает напряжение, которое заставляет ток (I) течь, при условии, что есть полный путь проводящего материала, такого как медный провод, от одного терминала батареи к другому. Проводка обеспечивает такой путь, который завершает цепь. Если нет провода, или если провод не возвращается к другому терминалу, то это неполная цепь.

В дополнение к батарее и лампе, схема также имеет резистор, представленный на схеме в виде зигзагообразной линии. Резистор находится там, чтобы ограничить количество тока, протекающего через цепь. Без него единственными факторами, которые ограничивают ток в цепи, являются размер медного провода (который влияет на сопротивление провода), сопротивление нити накала лампы и напряжение батареи. Если сопротивление всей цепи, включая провод и ламповую нить, слишком низкое, ток будет очень большим, и провод и ламповая нить будут нагреваться, возможно, до разрушения. Резистор предотвращает это. Нагрузка в этом случае - лампа, но это может быть аэрозольный генератор, более конденсаторный микрофон или что-то, что использует электричество.

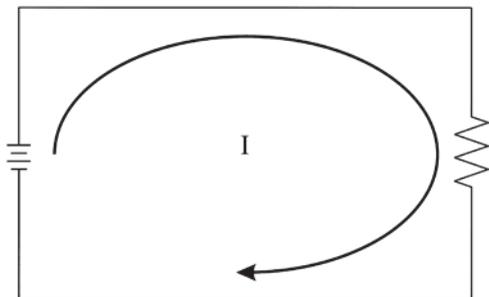


Рисунок 2.2

Принципиальная схема цепи постоянного тока. Линии слева представляют собой батарею, а линии зигзага-резистор. Ток (I) протекает по контуру.

ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОСХЕМЫ

Все электрические цепи следуют определенным фундаментальным принципам. Когда вы поймете эти принципы, у вас будет гораздо лучшее понимание того, как работают схемы.

Электрический ток всегда пытается вернуться к своему источнику. Каждый раз, когда течет ток, он ищет путь туда, где он начался. Он начинается от источника питания, проходит через цепь и возвращается к источнику питания. Источником питания может быть батарея, трансформатор, генератор, или это может быть естественный источник, как молния. Это может быть не совсем очевидно, но когда молния течет от облака к земле или от Земли к облаку, она возвращается к своему источнику. Если вы думаете о земле и ее атмосфере как об источнике, тогда это имеет смысл.

Чтобы ток протекал, должен быть проводящий путь от источника питания через цепь и обратно к источнику питания. Если есть какие-либо разрывы в пути, это то, что известно как “разомкнутая цепь.” В противном случае это “полная схема”.

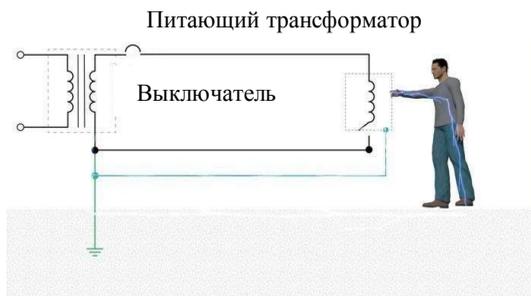
При нормальных обстоятельствах, каждая цепь имеет сопротивление. Если сопротивление в цепи настолько мало, что оно незначительно, то это известно как “короткое замыкание” и будет протекать слишком много тока. Когда нормально работающая цепь будет коротким замыканием, тогда это будет “сбоем.” Если питание замкнуто на землю или есть заземление, это является замыканием на землю.

Ток будет принимать столько путей или цепей, сколько доступно для него. Это верное утверждение противоречит распространенному заблуждению, что ток пойдет по пути наименьшего сопротивления. Чтобы проиллюстрировать, подумайте о том, что происходит при коротком замыкании или “неисправности” металлического корпуса какого-либо устройства, такого как усилитель или коробка PAR. Если заземляющий проводник выполняет свою работу правильно, он переносит ток повреждения обратно в источник питания и вызывает прерывание цепи автоматическим выключателем (см. рис.2.3 ниже). Если вы случайно касаетесь шасси в момент сбоя, вы получите шок?

Конечно. Но какой путь наименьшего сопротивления, проводник заземления или вы? Сопротивление человеческого тела сильно варьируется в зависимости от обстоятельств, но оно может варьироваться от нескольких сотен до нескольких тысяч ом. С другой стороны, сопротивление заземляющего проводника очень низкое, вероятно, порядка нескольких ом или доли ом. Ясно, что путь наименьшего сопротивления-это провод заземления, но вы все равно получите электрический шок.

Это доказывает, что ток будет принимать все доступные пути, или вы не будете шокированы.

Рисунок 2.3
Ток принимает т
Каждый доступный путь,
который имеет, и он делится
пропорциональ но количе
ству сопротивления в каждом
отве твлении.



Ток делится в соответствии с сопротивлением каждой дорожки. На рисунке 2.3, выше, большая часть тока будет протекать через заземляющий проводник, потому что сопротивление на этом пути намного ниже, чем сопротивление через человеческое тело. Чем выше сопротивление ветви, тем меньше тока будет протекать по нему и тем больше тока будет протекать по другим ветвям с меньшим сопротивлением.

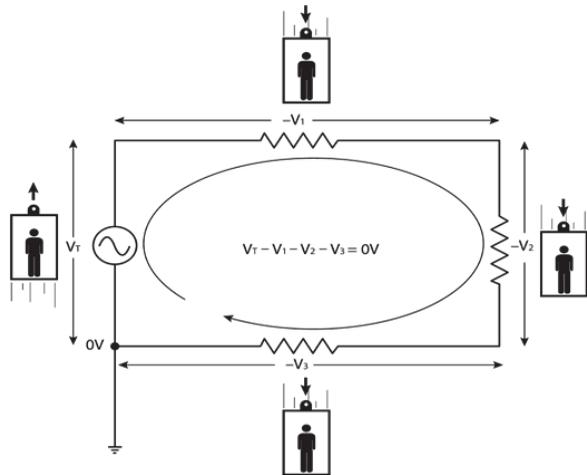
Если вы добавите напряжения вокруг замкнутого контура цепи, они добавятся к 0V. Питание (показано на рис. 2.4 в виде волнистой линии внутри круга, обозначающей переменный ток) повышает напряжение, а цепь понижает напряжение. Думайте об этом как о поездке на лифте. Питание поднимает лифт на несколько этажей (120 этажей в Северной Америке или 230 этажей в Европе и Австралии), и каждый компонент в цепи опускает его на некоторое количество этажей, пока он не вернется на первый этаж. Это включает в себя проводку, которая имеет некоторое сопротивление и способствует падению напряжения, а также любые другие компоненты, такие как лампы, двигатели, усилители, видеопроекторы, компьютеры и т. д. Если проводка мала и проходит на большое расстояние, то сопротивление будет высоким и падение напряжения на ней будет значительным. В противном случае, она может быть достаточно малой, что она не будет иметь заметного эффекта.

2.4

Сумма напряжений в цепи равна 0В. Питание (V_T) повышает напряжение и элементы схемы (V_1 , V_2 и

V_3) падение напряжения.

Символ с тремя короткими линиями, образующими треугольник представляет собой заземляющий электрод, который представляет собой сплошное соединение с землей. Он находится там, чтобы убедиться, что точка в цепи остается на 0V. Это помогает обеспечить стабильность электрической системы.



три короткими линиями, образующими треугольник), который является прочной связью с землей. Это заставляет одну сторону источника питания принимать напряжение Земли, которое равно 0

В. Это соединение обычно представляет собой металлический стержень, который вбивается в землю и соединяется с одной стороны источника питания для стабилизации напряжения относительно Земли. Это важная часть системы распределения электроэнергии.

ЗАКОН ОМА

Закон Ома является одним из наиболее важных и полезных фундаментальных соотношений в электричестве и электронике. Это относится практически ко всему, что вы делаете как электрик или техник. Например, когда вы запускаете достаточно длинный кабель, на нем будет заметное падение напряжения. Если вы хотите узнать, насколько напряжение будет падать, и будет ли достаточно напряжения для управления нагрузки, вы можете использовать закон Ома. Кроме того, если вы будете шокированы, то насколько сильно вы будете травмированы, зависит от закона Ома. Если у вас есть хорошее понимание того, что такое закон Ома и как его использовать, то вы сделаете большой шаг к демистификации электричества и электроники. Многое из того, что мы узнаем в этой книге, связано с Законом Ома.

Закон Ома описывает, как напряжение, ток и сопротивление связаны друг с другом. Он просто говорит, что напряжение-это текущее время сопротивления.

$$\text{Закон Ома: } V \text{ (вольт)} = I \text{ (ампер)} \times R \text{ (Ом)}$$

Это простое уравнение, и его легко решить для напряжения V , если мы знаем значения тока и сопротивления. Но мы обычно знаем термин напряжение, потому что нам известно, например, что определенная батарея поставляет 9 вольт, или известно, что, находясь во Франции или Германии, напряжение сети, подаваемое типичной электрической розеткой, составляет 230 вольт. Чаще всего мы хотим предсказать, сколько тока будет протекать в цепи с заданным сопротивлением. Таким образом, мы можем изменить уравнение выше, используя простую математику.

В любом уравнении существует баланс между левой стороной знака равенства (=) и правой его частью. Если мы думаем о знаке равенства как о балансира, и мы добавляем или вычитаем что-то с одной стороны балансира и делаем то же самое с другой стороны балансира, мы не изменили баланс. Итак, начнем с нашего исходного уравнения и разделим обе стороны на сопротивление R .

$$V = I \times R$$

$$V/R = I \times R/R$$

Обратите внимание $R/R = 1$, и $I \times 1 = I$, поэтому мы можем отменить R/R

$$V/R = I \times \cancel{R/R}$$

Так что мы остались с:

$$V/R = I$$

Или, если мы переставим его, мы можем поместить единственную переменную I в левую сторону, чтобы она выглядела как обычное уравнение.

$$I = V/R$$

Когда мы видим $b/2$, это же аналогично как $b \div 2$. И поскольку большинство калькуляторов не имеют дробного знака, мы будем использовать символ деления. Так что мы остались с:

$$I = V \div R$$

Это просто еще одна форма закона Ома, за исключением неизвестной переменной, которую мы пытаемся выяснить, находится слева. Это говорит о том, что если сопротивление остается неизменным и напряжение растет, то ток тоже будет расти.

Иногда мы можем знать напряжение и ток, потому что мы можем измерить

тех с помощью вольтметра и измерителя тока, но мы хотим выяснить сопротивление. В этом случае мы можем изменить уравнение немного по-другому. Мы начнем с исходного уравнения, но вместо того, чтобы делить обе стороны на сопротивление R , мы разделим обе стороны на ток I .

$$V = I \times R$$

$$V/I = I/I \times R$$

$$I/I = 1, \text{ and } R \times 1 = R$$

Снова отметим, что, поэтому можем отменить I/I .

$$V/I = \cancel{I} \times R$$

Так что мы
остались с:

$$V/I = R$$

Опять же, мы переставим его так, чтобы единственная переменная R находилась в левой части уравнения.

$$R = V/I$$

И, наконец, мы заменим строку дроби символом деления, и у нас останется:

$$R = V \div I$$

$$R = V \div I \quad R = V \div I$$

Теперь у нас есть три разных уравнения, все из которых являются формой закона Ома:

$$(1) V = I \times R$$

$$(2) I = V \div R$$

$$(3) R = V \div I$$

Единственное различие между этими тремя формулами заключается в том, что в левой части уравнения есть другая переменная. В любом уравнении для его решения должно быть только одно неизвестное значение, и проще, если мы начнем с уравнения, где неизвестное находится слева. Таким образом, все, что нам нужно сделать, это выбрать уравнение с нашим неизвестным значением слева и подключить известные значения справа. Если, например, мы знаем напряжение и ток и хотим выяснить сопротивление, мы будем использовать уравнение (3). Если, например, мы знаем напряжение и ток и хотим выяснить сопротивление, мы будем использовать уравнение (2).

Пример 2а

Предположим, у нас есть схема с плавким предохранителем на 2 ампера и резистором на 100 Ом последовательно (это означает, что один вывод плавкого предохранителя подключен к одному выводу резистора). Какое минимальное напряжение может привести к взрыву предохранителя?

Ответ: Если предохранитель плавится при 2 амперах, а резистор составляет 100 Ом, то мы можем использовать закон Ома, чтобы узнать, сколько напряжения заставит 2 ампера течь в цепи.

$$V = I \times R$$

$$V = 2 \times 100$$

$$V = 200 \text{ volts}$$

Не забудьте всегда включать единицу измерения, чтобы убедиться, что ваш ответ понят правильно.

Пример 2b

Если у нас есть схема с 12-вольтовой батареей, лампой и резистором, соединенными последовательно, сколько тока будет протекать, если общее сопротивление в цепи составляет 150 Ом?

Ответ:

$$I = V/R$$

$$I = 12/150$$

$$I = 80 \text{ миллиампер (0.08 ампер)}$$

Пример 2С

Каково сопротивление кабеля, которое позволяет пропускать через него 10 ампер при подключении к 24-вольтовой батарее?

Ответ: $R = V/I$

$$R = 24 \div 10$$

$$R = 2.4 \text{ Ом}$$

ПОСТОЯННЫЙ ТОК

Мощность – это скорость, с которой выполняется работа. Когда дело доходит до электричества постоянного тока, работа выполняется каждый раз, когда течет ток. Чем больше ток, тем больше работы и тем больше энергии используется. Эта мощность может быть использована для создания света, звука, движения или тепла. Все это проявления работы мощности. Это может не соответствовать вашему представлению о работе, но это соответствует определению в соответствии с законами физики, которые в конечном счете являются законами природы. Если вы расширите свое определение работы, чтобы включить эти вещи, то природу электричества будет немного легче понять. Мощность также связана с напряжением: чем выше напряжение, тем больше скорость, с которой выполняется работа (при условии, что есть полная схема и протекает ток).

В цепи постоянного тока мощность (в ваттах) равна напряжению, умноженному на ток.

$$P \text{ (Вт)} = V \text{ (вольт)} \times I \text{ (ампер)}$$

Для фиксированного напряжения более высокий ток означает, что используется больше энергии, а для фиксированного тока более высокое напряжение также означает, что используется больше энергии.

Так же, как мы использовали математику, чтобы изменить закон Ома, чтобы сделать три разные версии, мы можем сделать то же самое с формулой мощности постоянного тока. Если мы начнем с исходного уравнения и разделим обе стороны на ток I , мы получим:

$$V \text{ (вольт)} = P \text{ (Вт)} \div I \text{ (ампер)}$$

Или мы можем начать с исходного уравнения и разделим обе части на напряжение

V . Тогда мы в конечном итоге:

$$I \text{ (ампер)} = P \text{ (Вт)} \div V \text{ (вольт)}$$

Теперь у нас есть три различных формы уравнения мощности постоянного тока, каждая из которых имеет различную переменную в левой части:

$$(1) P \text{ (Вт)} = V \text{ (вольт)} \times I \text{ (ампер)}$$

$$(2) V \text{ (вольт)} = P \text{ (Вт)} \div I \text{ (ампер)}$$

$$(3) I \text{ (ампер)} = P \text{ (Вт)} \div V \text{ (вольт)}$$

Какое из приведенных выше уравнений мы будем использовать, зависит от того, какие два значения мы знаем, а какое нет.

Пример 2d

Если мы подключим 12-вольтовую батарею к лампе, измерим ток и обнаружим, что она потребляет 1 ампер, сколько энергии потребляется?

Ответ:

$$P = V \times I$$

$$P = 12 \text{ вольт} \times 1 \text{ ампер}$$

$$P = 12 \text{ Вт}$$

Мощность также может быть выражена в терминах напряжения и сопротивления. То, что мы собираемся сделать, это немного математической ловкости рук. Начнем с уравнения для мощности, как показано выше, а затем заменим ток I эквивалентом I , используя закон Ома ($I = V \div R$).

$$P \text{ (Вт)} = V \text{ (вольт)} \times I \text{ (ампер)}$$

$$P = V \times [V \div R]$$

$$P = V^2 \div R$$

Пример 2е

Если лампа рассчитана на 500 Вт при 12 вольт, каково эффективное сопротивление фильтра при его рабочей температуре? (Сопротивление нити накала изменяется в зависимости от ее температуры.)

Ответ:

$$P = V^2 \div R$$

$$500 = 12^2 \div R$$

$$R = 144 \div 500$$

$$R = 0.288 \text{ Ом}$$

Есть еще один способ изменить формулу мощности постоянного тока, чтобы получить еще одно уравнение. На этот раз мы начнем с оригинальной формулы мощности постоянного тока, а затем заменим напряжение V , используя закон Ома ($V = I \times R$).

$$P \text{ (Вт)} = V \text{ (вольт)} \times I \text{ (ампер)}$$

$$P = (I \times R) \times I$$

$$P = I \times I \times R$$

$$P = I^2 \times R$$

Теперь у нас есть в общей сложности пять уравнений, связанных с мощностью.

Последние два:

$$(4) P = V^2 \div R$$

$$(5) P = I^2 \times R$$

Какой из них мы используем, зависит от того, что мы знаем (известные) и чего мы не знаем (неизвестные). Есть четыре различные вещи, которые мы можем знать о цепи. Они являются следующими: сила, напряжение тока, ток, и сопротивление. Чтобы решить любое из этих уравнений, должно быть по крайней мере два известных. Поиск правильного ответа начинается с выбора правильного уравнения, которое имеет неизвестное слева и два известных справа.

Пример 2f

Предположим, что 16-амперная цепь соединена с 100 метрами 1,5-миллиметрового провода (50 метров от источника питания к нагрузке и 50 метров обратно к источнику питания). Следующее

сопротивление провода составляет около 12 ом на 1000 метров. Когда ток проходит через проводник, он заставляет его нагреваться. Количество тепла напрямую связано с мощностью. Сколько энергии преобразуется в тепло (так называемая потеря I^2R), если ток составляет 16 ампер?

Ответ:

$$P = I^2 \times R$$

Ток составляет 16 ампер, а общее сопротивление ответвления цепи составляет одну десятую от 12 ом, или 1,2 ом. Следовательно,

$$P = (16 \text{ ампер})^2 \times 1.2 = 256 \times 1.2$$

$$P = 307.2 \text{ Вт}$$

Найти напряжение, ток, сопротивление или мощность—это просто вопрос изучения известных значений и использования правильной формулы для вычисления неизвестного значения. Диаграмма на рис. 2.5 полезна для идентификации известных и неизвестных, а также для выбора правильной формулы.

Мощность в цепи переменного тока не так проста, как в цепи постоянного тока из-за природы переменного тока. Мы обсудим питание от сети переменного тока позже в этой книге.



Рисунок 2.5

Колесо формул с формулами напряжения тока, сопротивления, течения, и силы. Чтобы найти неизвестное, определите квадрант, в котором оно появляется. Тогда найдите

формулу в этом квадранте с двумя известными значениями.

ПОНИМАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

2.1 Является ли электрическая розетка, к которой ничего не подключено, открытой (неполной) цепью или замкнутой (полной) цепью?

2.2 Когда вы подключаете устройство к электрической розетке, как это позволяет току возвращаться к его источнику?

2.3 Что произойдет, если цепь будет иметь настолько малое

2.4 сопротивление, что фактически не будет никакого сопротивления, и к ней будет приложено напряжение?

2.5 Факт или вымысел: Ток идет по пути наименьшего сопротивления.

2.6 В рисунке 2.4, если V_T являются 240В, V_1 является 80 В, and V_2 является 80В, сколько Вольт будет V_3 ?

2.7 Взлетно-посадочные фары (ACL), которые были использованы в концерте освещения в течение многих десятилетий. Они расклассифицированы для того чтобы работать на 28V и типично соединены последовательно (конец к концу). Если четыре фары ACL подключены последовательно по схеме 120V, сколько напряжения падает на каждую из четырех ламп?

2.8 Иногда, когда проводка цепи слишком мала или слишком длинна, сопротивление проводов создает падение напряжения в цепи. Если один из проводов создает падение 2.5 V, а другой создает падение 2.5 V, сколько напряжения будет применяться к подключенному устройству в цепи 240V?

2.9 В 24-вольтовой цепи лампа потребляет 6,25 ампер. Что такое эффективное сопротивление лампы?

2.10 12-вольтовая цепи имеет 3-амперный предохранитель. Какое сопротивление

необходимо в цепи, чтобы предохранитель не взорвался?

2.11 Если ток 1 ампер протекает через резистор 150 Ом, каково падение напряжения на резисторе?

2.12 9-вольтовая батарея подключена к осевому вентилятору и потребляет 0,1 Ампер (или 100 миллиампер). Что такое эффективное сопротивление лампы?

2.13 150-омный нагревательный элемент подключен к 24-вольтовой цепи. Сколько тока будет протекать?

2.14 Ток 5 ампер протекает по цепи с 9-вольтовой батареей. Какое сопротивление в цепи?

2.15 24-вольтовая батарея подключена к двум 100-омным проводным резисторам последовательно (конец в конец). Если ток 0,12 ампер протекает по цепи, каково сопротивление двух резисторов последовательно включенные?

2.16 Нагрузка потребляет ток 6 ампер при подключении к ней 12-вольтовой батареи. Если напряжение увеличить до 24 вольт, сколько тока будет протекать через него?

2.17 Если 12-вольтовая батарея производит ток 0,5 ампер (или 500 миллиампер), каково сопротивление цепи?

2.18 Сколько милливольт (мВ) потребуется для получения тока 0,01 ампер (или 10 миллиампер) в цепи с сопротивлением 10 ом? (Намек: 1000 милливольт = 1 вольт.)

2.19 12-вольтовая лампа потребляет 10 А при номинальном напряжении. Что такое эффективное сопротивление лампы?

2.20 Сколько тока потребляет лампа мощностью 250 Вт при напряжении 24 В?

2.21 Лампа накаливания имеет вольфрамовую нить, через которую протекает ток, который заставляет ее нагреваться и испускать свет. Это процесс накаливания. Если лампа накаливания рассчитана на 60 Вт и 12 Вольт, каково сопротивление нити накала при рабочей температуре?

2.22. Если резистор потребляет 100 Вт при напряжении 12 Вольт, сколько энергии он будет использовать, если он подключен к источнику питания 9 В? (Подсказка: найдите значение резистора, затем ток при 9 вольт.)

2.23 Какой ток протекает через резистор 120 Ом в цепи 5 В?

2.24 Если 12-вольтовая батарея вызывает ток 0,1 А, каково сопротивление цепи?

- 2.25 Какой ток протекает в цепи 1 В, если сопротивление составляет 0,1 Ом?
- 2.26 Какой ток протекает в цепи 1 В, если сопротивление составляет 0,01 Ом?
- 2.27 Какой ток протекает в цепи 1 В, если сопротивление составляет 0,001 Ом?
- 2.28 Какой ток протекает в цепи 1 В, если сопротивление составляет 0,0001 Ом?
- 2.29 Какой ток протекает в цепи 1 В, если сопротивление составляет 0,00001 Ом?
- 2.30 Какой ток протекает в цепи 1 В, если сопротивление составляет 0,000001 Ом?
- 2.31 Какой ток протекает в цепи 1 В, если сопротивление составляет 0,0000001 Ом?
- 2.32 Какой ток протекает в цепи 1 В, если сопротивление составляет 0,00000001 Ом?

Электротехническая терминология

- Тайна порождает чудо, а чудо-основа человеческого желания понять.”
Нил Армстронг, бывший американский астронавт и первый человек, который высадился и прошелся по Луне

ВАЖНОСТЬ ТЕРМИНОЛОГИИ

Один мой друг как-то сказал мне, что я сказал термин “инженер”.

“Что вы хотите этим сказать?” - Спросил я.

- Ну, - сказал он, - большинство электриков и техников называют это “вольтми”, “усилителями” и “омами”. - Но вы говорите “вольт”, “ток” и “сопротивление”.

- Совершенно верно, - сказал я, - но мы говорим об одном и том же! - Да, - сказал он, - но не все это знают.”

Он был прав. Производственные электрики и техники часто используют счетчики, которые читают “вольт”, “ампер” и “Ом”. Многие учатся на работе и никогда не имеют возможности получить формальное образование. Для некоторых “вольты, усилители и Ом” имеют смысл, в то время как “ток и сопротивление” сбивают с толку.

Правда в том, что термины “вольт”, “ампер” и “Ом” являются единицами измерения различных аспектов электричества, называемых напряжением, током и сопротивлением. Это не отличается от обозначения километров, килограммов и Кельвинов вместо расстояния, веса и температуры.

Но если часть экипажа использует язык, который другая часть экипажа не совсем понимает, это может привести к проблемам. Предположим, что есть шоу с 150-амперной системой распределения мощности (часто называемой “распределителем мощности”), и главный электрик команды говорит технику: “какой ток на нейтрали?” Но технология может интерпретировать это так: “какое в настоящее время напряжение на нейтрали?” Если он возьмет показания напряжения вместо текущих показаний и назовет “120”, тогда будет казаться, что все в порядке. Но если ток, протекающий через 150-амперный конденсатор, на самом деле составлял 175 Ампер, это проблема! Недопонимание может привести к проблемам или усугубить их.

Очень важно четко и эффективно общаться. Если мы используем разные терминологии, мы можем также говорить на разных языках. А еще лучше, давайте изучим терминологию ремесла, в котором мы так любим принимать участие.

НАПРЯЖЕНИЕ

Напряжение подобно электрическому давлению. Оно обеспечивает силу, которая заставляет электроны течь через проводник. Это потенциальная энергия, потому что она имеет потенциал, чтобы произвести подачу тока, если он подключен к полной цепи. По этой причине его иногда называют электрическим потенциалом. При протекании тока, потенциальная энергия преобразуется в электрическую энергию. Это похоже на потенциальную энергию, представленную притяжением силы тяжести. Когда вы держите объект в руке, сила тяжести хочет притянуть объект к Земле. Если вы позволите объекту упасть, то эта потенциальная энергия преобразуется в кинетическую энергию во время падения.

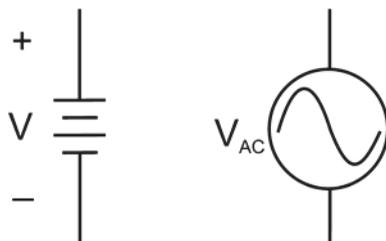
Аккумулятор является примером накопителя энергии, который используется для подачи постоянного напряжения в цепь (до тех пор, пока он достаточно заряжен). Когда батарея заряжается, она накапливает энергию, а когда разряжается, она поставляет энергию. Если она заряжена, но не подключена к цепи, то она имеет потенциал для подачи энергии путем приложения к ней напряжения.

Другим источником энергии, обеспечивающим (относительно) постоянное напряжение, является электрическая сеть. Она поставляет энергию от центральной электростанции (или нескольких заводов) к потребителям энергии в дистантных положениях. Напряжение в точке соединения варьируется от 90 или 100 вольт в Японии до 120 или

208 вольт в Северной Америке, 230 вольт во многих частях Европы и различных других местах и 240 вольт в Австралии, Англии и многих других частях мира.

Рис. 3.1

Условные обозначения двух источников напряжения: аккумулятор (слева) и источник переменного тока или напряжения переменного тока (справа).



Напряжение относительно. Это ничего не значит без ориентира. Вы можете измерить напряжение между двумя точками, но не в одной точке. Вот почему вольтметры имеют два датчика вместо одного. Вот почему птица может приземлиться на высоковольтную линию электропередачи и не получить удар током

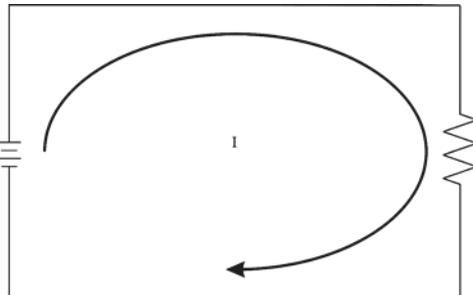
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

Ток-это поток электронов. Это наше понятие об электричестве. Когда напряжение подается на проводящий материал, такой как медь, электроны отрываются от атомов, и они дрейфуют через проводник. В результате происходит передача энергии от источника питания к нагрузке в виде электрического тока.

Напряжение может существовать без индукции тока, например, когда батарея не подключена к нагрузке. В этом случае нет потока электричества. Для протекания тока должен быть замкнутый путь, по которому могут течь электроны. Замкнутый путь, который может проводить электричество, называется "полным" контуром или "замкнутым" контуром. Как только цепь завершена и ток начинает течь, тогда и только тогда возникает поток электричества. Если в замкнутом контуре происходит обрыв, препятствующий протеканию электричества, его называют "разомкнутым" контуром.

Рисунок 3.2

Ток (обычно обозначенный стрелкой на схематическом представлении) может протекать только по полной или замкнутой цепи.



Величина тока, протекающего в цепи, является одним из основных факторов, определяющих, насколько большими должны быть компоненты системы распределения электроэнергии. Размер источника питания, выключателей, кабелей и проводов, предохранителей, разъемов и других компонентов зависит от того, сколько тока они должны нести или пропускать. Если какой-либо из этих компонентов имеет меньший размер, то мы рискуем перегрузить цепь, что может привести к разрыву цепи предохранителем или автоматическим выключателем, или полному выходу из строя одного или нескольких из этих компонентов. Критически важно, чтобы мы понимали, как рассчитать ток на основе подключенных нагрузок и приложенного напряжения. После этого мы можем безопасно установить и привести в действие систему распределения мощности.

СОПРОТИВЛЕНИЕ

Электрическое сопротивление-оппозиция потоку электрического тока. Идеальный проводник-это проводник, в котором нет сопротивления. В реальном мире, при нормальных обстоятельствах, нет такого понятия, как идеальный проводник; каждый материал имеет некоторый элемент сопротивления, каким бы малым он ни был, даже большие питающие кабели, которые мы используем для больших событий. Сопротивление любого материала зависит от его атомной структуры и количества электронов на внешней орбите. Независимо от того, насколько проводящим является любой материал, его полное сопротивление увеличивается с увеличением длины, температуры и уменьшением диаметра поперечного сечения проводника (чем меньше диаметр, тем выше сопротивление). Сопротивление в цепи влияет на приложенное напряжение, количество протекающего тока и количество потребляемой энергии.

Бесконечные амперы?

Каждая нагрузка имеет хоть какое-то сопротивление. Без этого были бы большие проблемы. В предыдущей главе мы узнали из закона Ома, как связаны напряжение, ток и сопротивление. Одна из форм закона Ома говорит, что ток – это напряжение V , деленное на сопротивление



$$R (I = V \div R).$$

Что произойдет, если сопротивление R равно 0Ω ?

Рисунок 3.3

Да, я знаю, что ваш учитель начальной школы, вероятно, сказал вам, что вы не можете делить на ноль. Рискую разрушить ваши детские воспоминания

о любимом учителе, он или она лгали вам. Но скажу в их защиту,

они сделали это ради тебя. В конце концов, ваш молодой впечатлительный мозг в этом возрасте боролся бы за понимание концепции бесконечности. Поэтому, чтобы помочь вам избежать психических расстройств, ваш учитель сказал вам, что вы не можете делить на ноль. Но теперь, когда вы стали старше, пришло время понять, что вы можете делить на ноль. Чтобы проиллюстрировать, посмотрите на

последовательность ниже и посмотрите, можете ли вы идентифицировать шаблон:

$$\begin{aligned} 1 \div 1 &= 1 \\ 1 \div 0.1 &= 10 \\ 1 \div 0.01 &= 100 \\ 1 \div 0.001 &= 1000 \\ 1 \div 0.0001 &= 10,000 \\ 1 \div 0.00001 &= 100,000 \\ 1 \div 0.000001 &= 1,000,000 \end{aligned}$$

Ты понимаешь, к чему это ведет? Чем меньше делитель, тем больше ответ. Если мы будем продолжать идти, в конце концов делитель будет настолько мал, что он может быть равен нулю, а ответ будет настолько большим, что он может быть бесконечным. Правда в том, что любое число, деленное на ноль, бесконечно.

Ты все еще не веришь? Хорошо, что это означает

$$\begin{aligned} 1 \div \\ 0.00000000000000000000000000000000 \\ 1 \end{aligned}$$

Ответ очевиден:

1,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000. Это 30 нулей после запятой в делителе и 30 нулей после единицы в ответе. Что если мы поставим 1000 нулей после запятой? Или миллион нулей? Как насчет миллиона миллионов нулей? Мы можем продолжать, и мы продолжим... если ты не признаешь правду. Еще раз: какое число делится на ноль?

МОЩНОСТЬ

Мощность – это скорость, с которой выполняется работа. В электрической системе работа выполняется в любое время, когда электричество используется для создания света, усиления звука, подъема грузов или производства тепла.

В физике работа выполняется, когда сила прилагается на расстоянии. Скорость, с которой он применяется, то есть величина силы и скорость, с которой преодолевается расстояние, определяет количество потребляемой энергии. Например, если вы с помощником поднимаете пролет фермы от пола до высоты талии, вы прилагаете механическую силу на расстоянии; вы делаете работу. Сила, которую вы применяете для противодействия силы тяжести и скорость, с которой вы поднимаете, определяет количество энергии, применяемой в любой момент времени.

В случае электроэнергии напряжение действительно работает на отрицательно заряженных электронах, чтобы переместить их на расстояние. Приложенное напряжение определяет напряженность электрического поля, а величина тока является показателем того, сколько работы выполняется. Таким образом, мощность определяется величиной напряжения и тока; фактически мощность является произведением напряжения и тока в любой момент времени.

Понимание того, сколько энергии требуется в электрической системе, имеет решающее значение для успеха. До того, как первая точка такелажа будет повешена, и до того, как первый случай будет загружен с грузовика, кто - то из команды (обычно производственный электрик или главный техник) должен уже рассчитать требования к мощности, чтобы убедиться, что имеется достаточно доступной мощности для мероприятия и что система распределения мощности способна безопасно обрабатывать нагрузку. Требуется квалифицированный специалист, чтобы понять требования к питанию достаточно хорошо, чтобы принять такое решение.

ЭНЕРГИЯ

Энергия-это власть над временем. Электричество-это форма энергии. Оно может быть преобразовано из тепла путем сжигания угля или другого топлива, используя его для создания пара, который вращает генератор и создает электричество. Затем электрическая энергия может быть преобразована в энергию света, движения или тепловую энергию.

Энергия – это не то же самое, что и сила. Когда вы оплачиваете свой счет за электричество каждый месяц, вы платите за электроэнергию или вы платите за энергию? Предположим, у вас дома есть десять 100-ваттных ламп, но вы никогда не включаете их (потому что вы находитесь в дороге, работая на концерте своей мечты!). Использовали ли вы какую-либо энергию? Нет, ты не заплатил и не должен платить электрической компании. Но если вы включите их на 100 часов в течение расчетного цикла, то вы будете использовать 100 000 ватт-часов или 100 киловатт- часов энергии. Ответ таков: вы платите за энергию, а не за мощность. (Разборчивые читатели могут указать, что ваш поставщик электроэнергии может также взимать плату за пиковый коэффициент спроса, но это тема для другого дня.

Рисунок 3.4

Коммунальные платежи взимаются за использование энергии, и это оплачивается в киловатт-часах.



ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ: АМПЕРЫ, ВОЛЬТЫ, ОМЫ, СИМЕНС, ДЖОУЛИ, ВАТТЫ

Как мы измеряем несоизмеримо важные вещи. Чем больше гармонии между странами, тем легче эффективно общаться и обмениваться информацией. Международное бюро мер и весов (www.bipm.org) является международным органом с 51 странами-членами, который собирается каждые четыре года для создания конвенций по весам и мерам. В 1960 году они приняли международную систему единиц (также известную как единицы СИ, на французском звучит как *Le Système International d'Unités*), в которой есть семь базовых единиц измерения: метр, килограмм, секунда, ампер, Кельвин, моль и Кандела. Все остальные единицы измерения происходят из этих семи базовых единиц. Базовые единицы стандартизированы по договоренности. Например, длина метра определяется как расстояние, которое свет проходит в вакууме за $1/299,792,458$ секунды. Другие единицы измерения рассчитываются на основе их отношения к базовым единицам. Например, частота является производной единицей, определяемой как обратная секунды (1/секунда).

Ампер

Электрический ток является одним из семи основных единиц системы СИ. Единицей измерения тока является ампер или амп (А). Она названа в честь Андре-Мари Ампера (1775-1836), французского математика и физика, который помог установить связь между электричеством и магнетизмом. Один ампер определяется как величина силы, создаваемой двумя токоведущими проводниками, проложенными бок о бок. Когда течет ток, он создает магнитное поле вокруг проводника. Магнитные поля двух токоведущих проводников, расположенных бок о бок в одной и той же ориентации, будут отталкиваться друг от друга. Предел прочности силы этого отталкивания-это то, как измеряется стандарт SI для 1 ампера. Один ампер, согласно стандартам си, - это " тот постоянный ток, который, если его поддерживать в двух прямых параллельных проводниках бесконечной длины, незначительного поперечного

сечения и помещать в вакуум на расстоянии одного метра друг от друга, создавал бы между этими проводниками силу, равную 2×10^{-7} ньютон на метр длины.”

Первоначальное определение ампера являлось 1 кулоном заряда, движущегося мимо точки за 1 секунду. Для получения 1 кулона заряда требуется $6,24 \times 10^{18}$ электронов. К счастью, нам не нужно считать электроны или измерять силу магнитных полей, чтобы измерить ток в реальном мире. Для измерения тока можно использовать клещевой измеритель, как показано на рисунке 3.5. Он зажимает вокруг одиночного токонесущего проводника и измеряет течение путем восприятия магнитного поля вокруг проводника. Поскольку для правильной работы требуется один проводник, зажимной измеритель нельзя использовать на многожильном кабеле без адаптера для зажима на одном проводнике.

Есть средние измерительные приборы и точные измерительные устройства RMS. Точный среднеквадратический измеритель вычисляет среднеквадратическое значение для каждого цикла сигнала, поэтому он дает истинное значение для любого сигнала. Среднестатистический счетчик использует скалярный множитель на основе синусоидальной волны. Любое искажение сигнала приводит к даче ложных показаний.

Таким образом, амперметры и вольтметры, используемые в индустрии интерактивных событий, должны быть точными среднеквадратичными метрами.

Рис. 3.5
Ток обычно измеряется
помощью зажимного метра.
Некоторые также
позволяют измерять напряжение и
сопротивление.



В электрических формулах ток обычно представлен в уравнении буквой I для интенсивности. На бумаге ток обычно обозначается стрелкой в направлении протекания тока.

Вольт

Напряжение-производная единица в системе СИ. Он определяется как разность потенциалов на 1-ваттной нагрузке с током 1 ампер. Единицей измерения напряжения является вольт (V). Она названа в честь Алессандро Вольт (1745–1827), итальянского физика, который изобрел первую современную химическую батарею под названием вольтов столб. Напряжение иногда называют ЭДС для электродвижущей силы (чаще всего в физике), но чаще всего оно представлено буквой V.

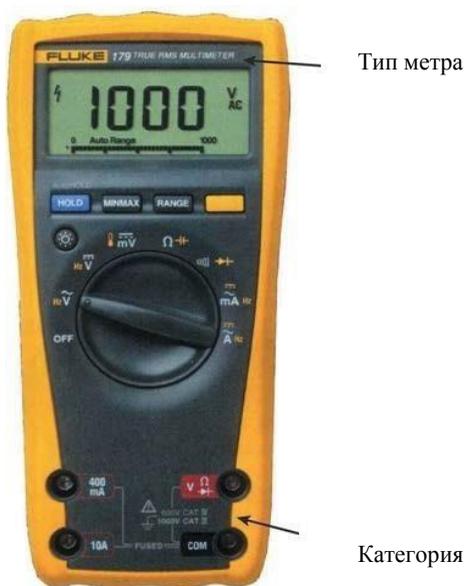
Вольтметр используется для измерения напряжения. Очень важно использовать для работы правильную категорию счетчика. Для большинства работ в индустрии производства интерактивных событий подходящей категорией счетчика является, по крайней мере, категория III или выше (см. Рисунок 3.7). Это должен быть истинный среднеквадратичный счетчик.

Категории счетчиков

Электрическая сеть может казаться стабильной и неизменной, но есть много событий, таких как скачки напряжения, скачки, провалы и переходные процессы. Некоторые, как молния, могут вызвать большие проблемы и представлять определенные риски для безопасности. Один из таких рисков связан с электроизмерительным оборудованием. Если используется неправильный измерительный прибор пока существует пульсация или переходный процесс, он может причинить ушиб.

Рисунок 3.6

Вольтметр позволяет измерять напряжение в цепи. Для большинства работ по организации живых мероприятий требуется использование прибора категории III или выше, и это должен быть настоящий среднеквадратичный прибор.



В одном случае электрик и сотрудник пожарной службы были убиты, когда электрик измерял напряжение на электрической панели, и из панели вырвался огненный шар. Согласно статье, в журнале *Electrical Construction & Maintenance*, озаглавленной "случай смертельной вспышки дуги, счетчик электроэнергии "не мог выдержать переходное напряжение присутствующее в таких системах, и предохранитель был неспособен прервать ток повреждения, возникший в результате внутренней поломки." В нем также говорится, что электрик "не признал, что счетчик не имеет соответствующих норм безопасности и непригоден для предполагаемого измерения." Некоторые счетчики предназначены для предотвращения стихийных бедствий и защиты людей от вреда. Эти приборы соответствуют международным стандартам установленных МЭК (Международной электротехнической комиссией) в IEC-61010-1: Требования безопасности к электрооборудованию для измерений, контроля и лабораторного использования.

Этот стандарт классифицирует счетчики, основанные на их предназначенной пользе и их способности выдержать переходные перенапряжения из-за способа их построения. Существует четыре категории, и чем ближе к источнику питания они используются, тем выше степень категории должна использоваться. Причина в том, что энергия переходного процесса или импульса перенапряжения естественным образом затухает при прохождении через систему, и чем меньше проводники, тем меньше энергии доступно. Здесь указаны следующие категории счетчика:

- Счетчики **IV** категории для применения с передаваемым сигналом, генерацией, и основной стороной питающих трансформаторов. Эта категория включает портативные генераторы энергии, электрические счетчики, основное оборудование предохранения от перегрузок по току, и все напольные проводники.

- Счетчики **III** категории для распределительных цепей, включая фидеры, диммерные стойки, вторичную сторону питающих трансформаторов, панелей выключателя, переключателей, разъединителей компании, и аналогичного оборудования.

- Счетчики категории **II** предназначены для однофазных нагрузок, подключенных к розеткам, светильникам, приборам, ответвлениям и розеткам на расстоянии более 10 метров от источника категории II или более 20 метров от источника категории IV.

- Счетчики категории **I** предназначены для низковольтной электроники и средств измерения уровня сигнала, таких как платы и компоненты ПК.

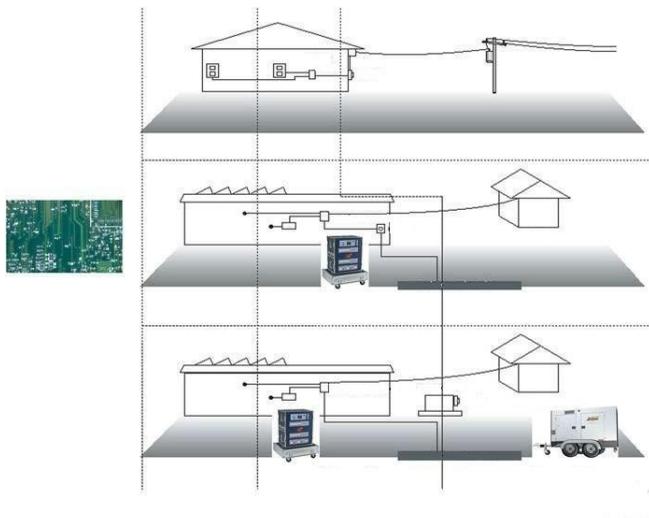


Рисунок 3.7

Категории счетчиков. Использование правильной установки счетчика для решения поставленной задачи является очень важным вопросом безопасности.

Истинное среднеквадратичное значение против измерительного прибора средних значений

Значение переменного напряжения и тока всегда задается в RMS, что является способом выражения эквивалентного значения постоянного тока. Когда мы говорим 240 вольт, на самом деле мы имеем в виду 240 среднеквадратичных вольт. Когда мы используем счетчики для того чтобы измерить напряжение тока и течение переменного тока, показатели даются в значениях RMS. Но некоторые счетчики на самом деле не измеряют СРЕДНЕКВАДРАТИЧЕСКИЕ значения.

Измеритель среднего значения предназначен для считывания среднего значения сигнала после его полного выпрямления (преобразования из переменного тока в импульсный постоянный ток с помощью диодов). Поскольку мы не используем средние значения для описания переменного напряжения и тока, манипулятор строит множитель так, что счетчик отображает среднеквадратическое значение вместо среднего значения. Но множитель является фиксированным значением, основанным на чистом синусоиде, и многие из сигналов, которые мы измеряем при создании живых событий, не являются чисто синусоидальными волнами. Это приводит к ошибкам чтения для любой формы волны, кроме чистой синусоиды.

Точный среднеквадратичный измеритель, с другой стороны, имеет микропроцессор, который вычисляет истинное среднеквадратичное значение путем выборки сигнала несколько раз за цикл. Если форма сигнала является чисто синусоидальной, то оба типа измерителей будут считывать одно и то же значение (при условии, что они правильно откалиброваны). Но средний счетчик показателей точен только тогда, когда он читает чисто синусоидальные сигналы, в то время как RMS счетчик точен с любой формой волны.

Если вы используете счетчик, который не имеет маркировки с надписью “точный счетчик RMS”, то это средний счетчик показаний. Если вы измерите напряжение или ток в реальном времени, то вы должны использовать точный среднеквадратичный измеритель.

Ом

Напряжение-производная единица в системе СИ. Его единица измерения называется ом, в честь немецкого физика Георга Ома (1789-1854). Он сокращается греческим символом омега (Ω) или буквой " R." Определение Ом: величина сопротивления, которое вызовет падение напряжения на 1 вольт при токе в 1 ампер.

Сименс

Проводимость обратно пропорциональна сопротивлению и является мерой того, насколько легко ток течет через проводник. Единицей измерения проводимости является сименс (G). До тех пор, пока 14-я генеральная конференция по весам и мерам не приняла сименс в качестве единицы измерения проводимости в 1971 году, единица измерения проводимости была известна как mho (ом, написанный в обратном направлении).

Джоуль

Энергия – это не то же самое, что сила; энергия-это сила, применяемая с течением времени. Единица измерения энергии Си является Джоуль. Один джоуль определяется как работа, необходимая для перемещения 1 кулона заряда через разность потенциалов 1 вольт. Альтернативно, Джоуль также является 1 ватт-секунда, или количество энергии, потраченной при использовании 1 Ватт в течение 1 секунды. Джоуль назван в честь английского физика Джеймса Прескотта Джоуля (1818-1889).

Для наших целей Джоуль-ватт-секунда-является слишком маленькой единицей энергии, чтобы быть практически полезной. Более практичной единицей энергии является ватт-час, и она гораздо чаще используется в производственной сфере. Один ватт-час равен 3600 джоулей. Во многих случаях мы будем использовать киловатт-часы или мегаватт-часы в качестве единицы измерения. Тысяча ватт- часов эквивалентна 1 киловатт-часу, а миллион ватт-часов эквивалентен 1 мегаватт-часу. Техники HVAC (отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха) чаще всего используют другую

единицу энергии, называемую БТЕ (Британская тепловая единица). Эта единица энергии важна при анализе влияния системы освещения на отопление помещения.

Каждая из этих единиц измерения указывает количество энергии. Это разные меры одного и того же количества, примерно как 1 метр - это 3,28 фута или 39,37 дюймов. Независимо от единицы измерения, они могут быть легко преобразованы друг в друга с помощью соответствующего коэффициента преобразования (см. Приложение 6, Коэффициенты преобразования энергии).

Ватт

В системе СИ мощность измеряется в ваттах, а один ватт определяется как один джоуль в секунду. Ватт назван в честь Джеймса Ватта (1736-1819), шотландского изобретателя, чьи усовершенствования парового двигателя помогли объявить о наступлении промышленной революции.

Опять же, обратите внимание, что сила-это не то же самое, что энергия, и очень важно понять разницу между ними. Мощность-это мгновенная мера того, сколько работы выполняется, в то время как энергия-это мера того, сколько силы прилагается на расстоянии, или, в случае электричества, сколько энергии используется с течением времени. Мощность обычно представлена в уравнении буквой P.

ПОЛЕЗНЫЕ ПОДСКАЗКИ

Единицы измерения могут дать полезные советы при решении проблем. Глядя на единицы измерения, вы можете получить ценную информацию о решении. Например, если вы хотите узнать, сколько энергии использует конкретное устройство, единицы энергии, ватт-часы, говорят вам, что вам нужно знать мощность устройства в Ваттах и сколько часов он работает. Предположим, мы говорим о 575-ваттной лампе, которая работает в течение

2 часов. Потребляемая энергия составит $575 \text{ Вт} \times 2 \text{ часа} = 1150 \text{ Вт-часов}$. Некоторые числа не имеют единиц измерения, но числа с единицами могут дать вам подсказки, которые помогут найти ответы.

Приставки Си и обозначения

Очень большие и очень маленькие числа часто сокращаются с помощью префиксов, таких как "кило" "и" мега " для удобства. Префиксы Си стандартизированы в соответствии с международными системами единиц, а наиболее распространенные из них перечислены в таблице 3.1. Например, кило - это префикс, означающий 1000; следовательно, киловатт-это 1000 ватт.

Научная система обозначений пишется, как: $A \times 10^b$, где a может быть номером, и b указывает силу десяти. Например, $1 \times 10^3 = 1 \times 10^0 \times 10^0 \times 10^0 =$

1000. Таким образом, 2 киловатта могут быть выражены в научной системе обозначений, как $2 \times 10^3 \text{ Ватт}$. В этом примере число "3" является показателем, а "2" - коэффициентом.

Отрицательный показатель показывает, что вы делите на 10, а не умножаете на 10. Например, $10^{-3} = 1 \div 10 \div 10 \div 10 = 0.001$.

Инженерная система обозначений аналогична научной, за исключением того, что показатель степени ограничен тремя степенями. Таким образом, в инженерных обозначениях мы можем говорить о ваттах, киловаттах и мегаваттах, но не о $2 \times$

104 ваттах. Экспоненты, кратные трем, соответствуют префиксам “нано” (10⁻⁹),

“микро” (10⁻⁶), “мили” (10⁻³), “кило” (10³), “мега” (10⁶), и “гига” (10⁹).

Таблица 3.1 Префикс Си

СИ рефикс	Аббревиатура	Научная нотация	Инженерная запись	Десятичный эквивалент
пико	p	10 ⁻¹²	10 ⁻¹²	0.000,000,000,001
нано	n	10 ⁻⁹	10 ⁻⁹	0.000,000,001
микро	μ	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	0.000,001
милли	m	10 ⁻³	10 ⁻³	0,001
санτι	c	10 ⁻²	Нет данных	0,01
деци	d	10 ⁻¹	Нет данных	0,1
–	Нет данны <u>x</u>	10 ⁰	Нет данных	1
дека	da	10 ¹	Нет <u>дан</u>	10
гекто	h	10 ²	Нет <u>дан</u>	100
килограм	k	10 ³	10 ³	1000
мега	M	10 ⁶	10 ⁶	1,000,000
гига	G	10 ⁹	10 ⁹	1,000,000,000
тера	T	10 ¹²	10 ¹²	1,000,000,000,000

СОХРАНЕНИЕ ЭНЕРГИИ

Один из важнейших законов физики гласит, что энергия не может быть ни создана, ни уничтожена. Она может менять форму, например от гидравлической энергии к электрической, к теплу и свету и обратно к теплу— но она всегда сохраняется, то есть никогда не может быть потеряна. Это известно как закон сохранения энергии.

Энергия, которую мы используем в производстве интерактивных событий, поступает в основном от угольных электростанций. Около половины электроэнергии в мире вырабатывается за счет сжигания ископаемого топлива. Уголь и другие ископаемые виды топлива представляют собой потенциальную энергию. Когда он горит, он выделяет тепловую энергию, которая преобразуется в кинетическую энергию путем кипячения воды, создания пара и вращения турбины. Кинетическая энергия преобразуется в электрическую энергию генератором, и она поставляется при помощи линий электропередач к месту, где она после этого будет преобразована в энергию света, тепловую энергию, звуковую энергию, или кинетическую энергию (через двигатели). Энергия, которая поступает в помещение, в конечном итоге преобразуется в тепловую энергию. Например, когда свет падает на поверхность, он нагревает эту поверхность. Во многих случаях, это тепло должно быть удалено из здания с помощью кондиционирования воздуха, который требует больше энергии.

Сегодня предпринимаются огромные усилия по сокращению потребления электроэнергии и снижению воздействия на окружающую среду, поэтому основное внимание уделяется разработке более энергоэффективного освещения.

ПОНИМАНИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ ТЕРМИНОЛОГИИ

- 3.1 Электродвижущая сила (ЭДС) также известна как _____.
- 3.2 Какую категорию измерителя следует использовать для измерения напряжения на электрогенераторе?
- 3.3 Для того, чтобы проходил ток, там должно быть напряжение и _____.
- 3.4 Сопротивление – это к свободному течению тока.
- 3.5 Мощность – это на которой делается.
- 3.6 Работа-это сила, приложенная на расстоянии. Если вдвое большее усилие приложено к половине расстояния, будет ли количество выполненной работы одинаковым?
- 3.7 Если мощность равна напряжению, умноженному на ток, является ли половина напряжения и удвоенный ток одинаковым значением мощности?
- 3.8 Факт или вымысел: Электричество-это форма энергии.
- 3.9 Энергия-это периодичность времени _____.

- 3.10 Согласно закону сохранения энергии, энергия не может ни быть .
- 3.11 Может ли ток протекать в цепи без напряжения?
- 3.12 Что такое семь базовых единиц в международной системе единиц?
- 3.13 Ампер-это единица измерения .
- 3.14 Что такое вольт?
- 3.15 Что такое ом?
- 3.16 Обратное сопротивление – это .
- 3.17 Сколько ватт-часов в 1000 джоулей?
- 3.18 Сколько БТЕ требуется, чтобы сделать 1 киловатт-час?
- 3.19 Сколько ток будет течь в цепи с сопротивлением 0 Ом, если напряжение более 0 вольт?
- 3.20 Если бы вы взяли один провод от вольтметра и поместили его на один вывод 230-вольтовой цепи, что бы показывал счетчик?

Глава 4 Электричество переменного тока

45

«Я только что видел чертежи и описания электрической машины, недавно запатентованной г-ном Теслой и проданной компании Westinghouse, которая произведет революцию во всем мире электрического бизнеса. Это самый ценный патент со времени телефона.»

Марк Твен, Ноябрь 1888*

Говоря современным языком, можно сказать, что Майкл Фарадей взломал электричество и магнетизм. В 1821 году он начал эксперименты с магнетизмом и электричеством. Он знал, что поток тока создает магнитное поле, поэтому он задавался вопросом, может ли магнитное поле создавать поток тока. То, что он узнал, проложило путь для индустрии токораспределения в будущем.

МАГНЕТИЗМ

Ваш учитель начальной школы, возможно, продемонстрировал влияние магнетизма, разбрызгивая железные опилки на лист стекла, под которым находился магнит. Это способ демонстрации магнитной силовой линии, как показано на рисунке 4.1.



Рис. 4.1

Обычно вы не можете видеть магнетизм. Но если вы посыпаете стекло железными опилками с помощью магнита, магнитные силовые линии, окружающие магнит, становятся очевидными.

* В Ричарде Мансоне, от Эдисона до Энрона: Производство электроэнергии и что это означает для будущего электричества (Издательство Praeger, 2005).

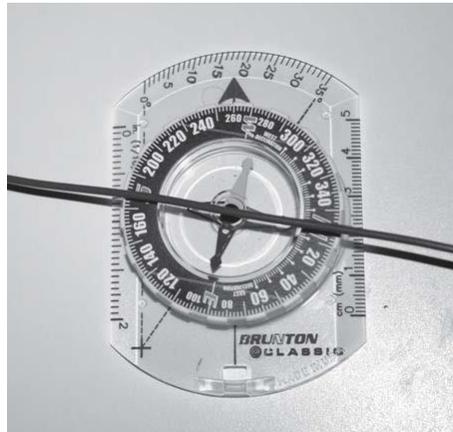
Эти силовые линии представляют равную напряженность магнитного поля так же, как рельефная карта показывает линии контура с равной высотой. Если проследить одну магнитную силовую линию от Северного полюса к Южному, сила магнитного поля никогда не изменится. Если же вы пересекаете две или более линий, то магнитное поле будет сильнее или слабее, в зависимости от того, приближаетесь вы к магниту или удаляетесь от него.

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

В начале девятнадцатого века об электричестве было известно очень мало. Однажды весной 1820 года датский физик Ханс Кристиан Эрстед, преподававший в Копенгагенском университете, наткнулся на ранее неизвестный феномен. Когда он читал лекцию о тепле, генерируемом током, протекающим через платиновый электропровод, он заметил кое-что, чего не ожидал. Рядом с электропроводом у него на столе лежал компас, и, когда потек ток, он заметил, что стрелка отклоняется. Он обнаружил, что электричество и магнетизм неразрывно связаны. *

Рис. 4.2

Электричество и магнетизм неразрывно связаны между собой. Каждый раз, когда течет ток, вокруг него возникает магнитное поле, направленное под прямым углом к направлению потока тока.



Мы знаем, что электричество - это поток электронов, и что они несут электростатический заряд. С момента открытия электромагнетизма понятно, что электрический ток также создает магнитное поле (электромагнетизм) и что магнитное поле имеет преимущественную ориентацию поверхности. Если бы мы могли видеть силовые линии потока электромагнитного поля такой ориентации,

В 1802 году физик-любитель по имени Джан Доменико Романьози провел эксперименты и написал о связи между электричеством и магнетизмом. Результаты были опубликованы в двух местных итальянских журналах, но они никогда не привлекали внимания научного сообщества. Напротив, литература Эрстеда о его открытии была переведена с оригинального латинского языка и широко распространена среди европейского научного сообщества. Следовательно, Эрстеду обычно приписывают открытие.

Мы увидели бы концентрические кольца вокруг токонесящего проводника, падающего в силе, поскольку они становятся все дальше от проводника тока. Следуя тому, что известно как Правило правой руки, мы можем визуализировать направление магнитной силовой линии, взяв правую руку и обхватив пальцами проводника тока большим пальцем, выступающим вдоль проводника тока, указывая направление тока. Затем наши пальцы укажут направление магнитной силовой линии, как показано на рисунке 4.3. Самое сильное магнитное поле, ближе к проводнику тока, и сила обратно пропорциональна квадрату расстояния от проводника тока; например, если расстояние от проводника тока удваивается, то сила магнитного поля падает в четыре раза.

МАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

Если электрический ток создает магнитное поле, может ли магнитное поле вызвать протекание тока через провод? Именно этот вопрос однажды в 1822 году занимал мысли английского ученого Майкла Фарадея, когда он писал в своем лабораторном блокноте: “преобразуйте магнетизм в электричество”.*

К 1822 году стало известно, что электричество и магнетизм неразрывно связаны между собой. Было легко увидеть связь по отклонению стрелки компаса в непосредственной близости от токонесящего провода и было известно, что поле может быть усилено



Магнитные линии постоянного потока

Рис. 4.3

Магнитное поле, создаваемое потоком тока, является электромагнитным. Если вы возьмете проводник тока правой рукой и укажете большим пальцем в направлении потока тока, ваши пальцы укажут направление магнитных линий потока.

* Джилл Джоннес, *Империи света: Эдисон, Тесла, Вестингауз и Гонка за электрификацией мира* (Random House, 2004).

путем наматывания в несколько оборотов проводов в катушку. Но мало кто понимал, что с помощью магнетизма можно генерировать электричество. Фарадей был одним из тех, кто думал, что это можно сделать, и долгое время он безуспешно пытался сделать именно это.

Лишь девять лет спустя, в 1831 году, он наткнулся на подсказку. Он обернул одну сторону железного тороида несколькими витками провода, а с другой стороны тороида сделал то же самое. Один из проводников тока был подключен к батарее, а другой — к гальванометру (или амперметру), чтобы он мог обнаружить поток тока. Он хотел, чтобы магнитное поле в первой катушке намагничивало железный тороид, тем самым вводя магнитное поле во вторую катушку провода, который затем вызвал бы поток тока во второй катушке. Но когда он подключил батарею и провел ток в первичной катушке, во вторичной катушке не было тока, по крайней мере, в течение какого-то заметного промежутка времени. Однако он заметил, что амперметр отклонился на мгновение, когда батарея была впервые подключена, и снова, когда она была отсоединена.

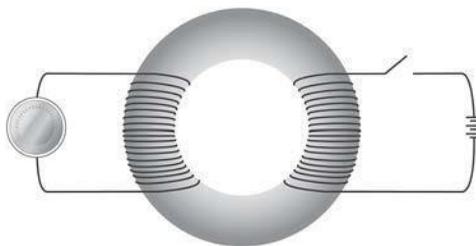


Рисунок 4.4

Майкл Фарадей провел эксперименты, используя провод, намотанный на железный тороид, чтобы выяснить, может ли магнитное поле вызвать поток тока. Батарея справа вызывает протекание тока через первичную обмотку, что приводит к возникновению магнитного поля внутри катушки. Это намагничивает железный тороид, который помещает магнитное поле внутрь вторичной катушки провода. Фарадей думал, что это вызовет ток во вторичной обмотке.

ЗАКОН ИНДУКЦИИ ФАРАДЕЯ

Известный писатель Исаак Азимов, по слухам, сказал: «Самая захватывающая фраза, которую можно услышать в науке, та, которая возвещает о новых открытиях, это не «Эврика!» (Я нашел это!), А «Это смешно

...» Возможно, именно так подумал Фарадей, когда заметил, что электросчётчик прогибается при подключении и отключении батареи. Несмотря на то, что он не получил ожидаемого результата — постоянный ток протекал через вторичную катушку — он увидел намек на ток в виде небольшого отклонения стрелки в гальванометре. Но этого было достаточно, чтобы вывести его на правильный путь к ответу. В конце концов, он обнаружил, что не стационарное магнитное поле вызывает ток во вторичной катушке, но, что ток изменяет магнитное поле.

Когда батарея впервые подключена к цепи, магнитное поле должно расти от нуля до максимума. По мере того как поле растет, линии потока магнитного поля режут витки провода во вторичной катушке, таким образом наводя течение. Фарадей пришел к выводу, что изменяющееся магнитное поле, силовые линии которого проходят через провод, генерирует напряжение. Величина напряжения пропорциональна скорости изменения и интенсивности магнитного потока. Это известно как закон индукции Фарадея.

Согласно закону индукции Фарадея, не имеет значения, проходят ли линии потока через провод или провод движется через силовые линии, если они движутся относительно друг друга. Таким образом, провод может проходить через неподвижное магнитное поле или магнитное поле может проходить через неподвижный провод, и он все равно будет генерировать напряжение.

Важно то, что провод не движется параллельно относительно линий потока; в противном случае линии потока не будут перерезаны, и напряжение не будет генерироваться. Движение, однако, может быть где-то между параллельным и перпендикулярным относительно друг друга; тогда некоторые линии потока будут отрезаны и будет генерироваться пропорциональное количество напряжения. Например, если провод движется под углом 60° угол через магнитное поле, то он режет линий потока, когда другой провод движется под углом 90° к магнитному полю с той же скоростью. Поэтому он будет генерировать половину напряжения.

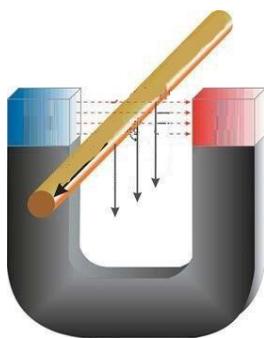


Рисунок 4.5
Напряжение,
индуцированное в проводнике,
когда он движется под прямым
углом к магнитному полю.

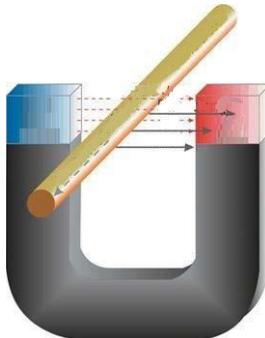


Рисунок 4.6
Напряжение не
индуцируется, когда
проводник движется
параллельно магнитному
полю.

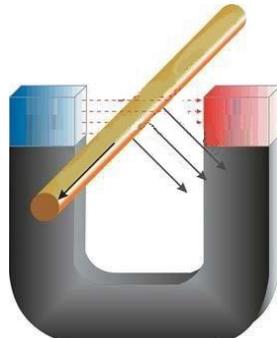


Рис. 4.7
Какое напряжение
возникает,
когда проводник движется
под углом через магнитное
поле. Величина напряжения
пропорциональна
перпендикулярной
составляющей движения
относительно магнитного поля.

ПРАВИЛО ПРАВОЙ РУКИ ФЛЕМИНГА

Если вы хотите знать направление тока, проходящего через проводник, или полярность напряжения, генерируемого в проводнике, когда он движется через магнитное поле, вы можете использовать что-то, называемое правым правилом Флеминга. Правой рукой вытяните большой палец в направлении движения проводника, вытяните указательный палец в направлении магнитного потока (с севера на юг) и вытяните средний палец так, чтобы он находился под прямым углом как к указательному, так и к большому пальцу. Ваш средний палец указывает направление потока индуцированного тока в генераторе. Чтобы запомнить, какой палец относится к какому параметру, помогает использовать эту мнемонику: большой палец = движение; Первый палец = поле (или поток); и второй палец = ток. Левое правило Флеминга относится к двигателям.



Рисунок 4.8

Направление движения Правое правило Флеминга для генераторов помогает определить направление индуцированного тока. Если проводник движется в направлении вашего большого пальца через магнитное поле, которое ориентировано в направлении вашего первого пальца, то ток будет генерироваться и течь в направлении вашего среднего пальца.

Как все это связано с подачей энергии для шоу? Это связано с тем, как вырабатывается и используется электричество. Генератор обычно имеет магнитный ротор, который вращается в непосредственной близости от неподвижных обмоток, которые перерезают линии потока и вырабатывают электричество.

ГЕНЕРАТОР ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Хотя это заняло более 50 лет, закон Фарадея заложил основу для создания электростатических генераторов, трансформаторов и двигателей. Как только было установлено, что проводник, движущийся через магнитное поле, может индуцировать ток, создание генератора было относительно простым делом правильной сборки компонентов.

Для иллюстрации предположим, что у нас есть ось, вокруг которой мы хотим построить генератор. Мы можем заставить магнитное поле вращать неподвижную катушку провода, или мы можем заставить катушку вращаться через магнитное поле. В любом случае, главное, что есть относительное движение катушки и магнитного поля. Легче проиллюстрировать стационарное магнитное поле и вращающуюся катушку провода, поэтому мы будем использовать эту модель для нашей иллюстрации.

Начнем с того, что согнем проволоку прямоугольной формы так, чтобы две стороны петли были перпендикулярны магнитному полю, а две другие - параллельны. Мы будем называть это Ротором, потому что он вращается вокруг центра. На одном конце петли мы можем добавить два провода, которые соединяются с контактными кольцами, которые позволяют нам подключиться к цепи.

По мере того как ротор закручивает, 2 стороны проводника, который режут линии потока, вращают 360° через магнитное поле в одном полном цикле. Вдоль пути направление их движения в любой момент времени обозначается линией, которая находится под прямым углом к радиусу (см. рис. 4.10).

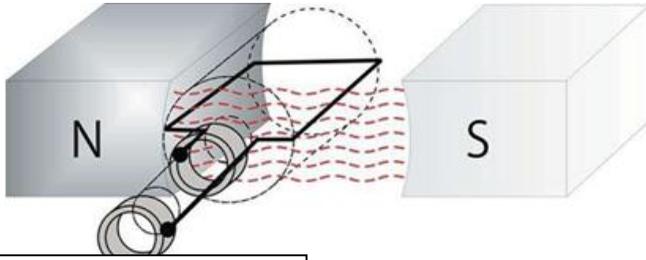


Рисунок 4.9
Петля провода в магнитном поле иллюстрирует основную концепцию генератора переменного тока.

Мгновенное направление

Направление вращения

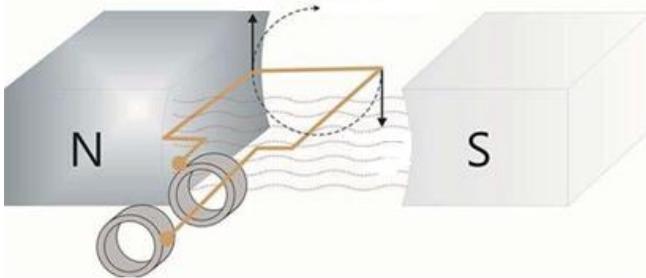


Рисунок 4.10
По мере того как петля провода закручивается, она режет через магнитные линии потока. Две стрелки показывают мгновенное направление движения.

Во время каждого цикла, есть несколько критических точек интереса, которые помогут нам визуализировать концепцию генератора. В момент времени, когда Ротор и конденсаторы находятся в верхней части окружности (0°), направление движения параллельно линиям потока, поэтому напряжение не генерируется. После того как ротор закрутил 90° , проводники перемещаются под прямым углом к потоку и генерируют пиковое напряжение. При 180° проводники движутся в противоположном направлении относительно начала цикла; но так как мгновенное направление движения параллельно потоку, напряжение не генерируется. Затем при 270° они перемещают в противоположное направление по мере того как они были при 90° ; поэтому, поэтому генерируется отрицательное напряжение тока. Когда Ротор завершает один полный цикл, он возвращается в исходную точку, и напряжение снова падает до нуля. Рисунок 4.11 показывает направление движения на восьми критических точках вращения.

Напряжение в каждой из этих точек изменяется в соответствии с синусом * угла между мгновенным направлением движения (направлением в этот момент) и магнитными линиями потока.

* Синус-это отношение двух сторон треугольника, имеющего один угол 90° , который называется "правым треугольником". (Если вы хотите получить краткое руководство о синусах и косинусах, посетите www.vimeo.com/aptxl/math.) Чтобы найти точное значение под любым заданным углом, используйте калькулятор с функциями тригонометрии, введите угол и нажмите кнопку синуса (часто сокращенно "sin").

1.		$= 90^\circ$	\rightarrow	0.0	0
2.		$= 45^\circ$	\searrow	0.707	$0.707 \times V_{peak}$
3.		$= 0^\circ$	\downarrow	1.0	V_{peak}
4.		$= -45^\circ$	\swarrow	0.707	$0.707 \times V_{peak}$
5.		$= -90^\circ$	\leftarrow	0.0	0
6.		$= -135^\circ$	\nwarrow	-0.707	$-0.707 \times V_{peak}$
7.		$= -180^\circ$	\uparrow	-1.0	$-1.0 \times V_{peak}$
8.		$= -225^\circ$	\nearrow	-0.707	$-0.707 \times V_{peak}$

Рисунок 4.11

Положение ротора и угла с соответствующи м направлением движения для двухполюсного генератора.

Мгновенное напряжение тока:

$$V \text{ моментальный} = V \text{ пик} \times \sin \theta$$

где θ -угол между мгновенным направлением движения и магнитными линиями потока. Например, если Ротор прямой вверх и вниз, то мгновенное направление движения параллельно магнитным линиям потока и угол между ними равен 0° . Если мы используем тригонометрический калькулятор, мы можем найти значение синуса 0° , что равно 0; поэтому мгновенное напряжение также равно 0. Но когда ротор вращается на 30° , то синус равен 0,5, поэтому напряжение составляет половину пикового напряжения.

Таблица 4.1 Положение ротора, фазовый угол и синус фазового угла в нескольких точках вращения генератора.

Положение ротора внутри степени	Угол между и магнитные линии поток (также известный как фазовый угол)	Синус угла между направлением перемещение и магнитное линии потока
90	0	0
60	30	0,5
30	60	0,866
0	90	1
-30	120	0,866
-60	150	0,5
-90	180	0,866
-120	210	-1
-150	240	0,866
-180	270	-1
-210	300	0,866
-240	330	0,5
-270	360	0

Если мы сейчас составим систему значений синусов в таблице 4.1 и соединим точки, то можно увидеть всю форму колебаний сигнала (рис. 4.12). Эта форма волны представляет генерированное напряжение и известна как синусоидальная волна. Обратите внимание на таблицу 4.1 и рисунок 4.12, что угол между направлением движения и магнитными линиями потока является так называемым фазовым углом и за один цикл синусоиды он изменяется от 0° до 360° . Например, положительное пиковое напряжение возникает при фазовом угле 90° .

Точное напряжение в любой точке сигнала можно найти, если мы знаем пиковое напряжение:

$$V \text{ моментальный} = V \text{ пик} \times \sin \theta$$

Где θ -фазовый угол. Не позволяйте слову “синус” сбить вас с толку. На самом деле это не более чем фиксированная связь между углом и сторонами прямоугольного треугольника. Абстрактно тригонометрия может быть сложной задачей, но в реальном мире приложения это может быть полезно, чтобы помочь визуализировать важные отношения.

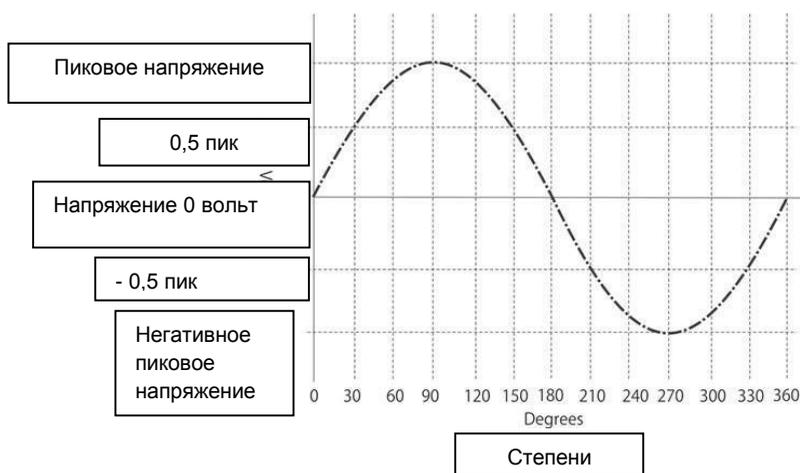


Рисунок 4.12

График

положения ротора в градусах по отношению к напряжению показывает форму волны, известную как синусоида.

КОМПЛЕКС УПРАЖНЕНИЙ ВАШИХ ЗНАНИЙ ПО СИНУСОИДАЛЬНЫМ СИГНАЛАМ

Электронные таблицы являются отличным ресурсом, помогающим понять некоторые естественные взаимосвязи и укрепить то, что мы узнали о синусоидальных волнах, напряжении и токовых волнах. Используя компьютер с электронными таблицами, такими как Excel или Numbers для Mac, следуйте инструкциям ниже, чтобы создать синусоида и диаграмму.

1. Откройте новую книгу.
2. В ячейке A1 введите "0" и нажмите кнопку Enter.
3. Перетащите маркер заполнения (в правом нижнем углу ячейки A1) вниз к ячейке A361.
4. В меню нажмите кнопку Изменить, затем заполнить, затем серия.
Должно открыться окно, как показано на рисунке 4.13.

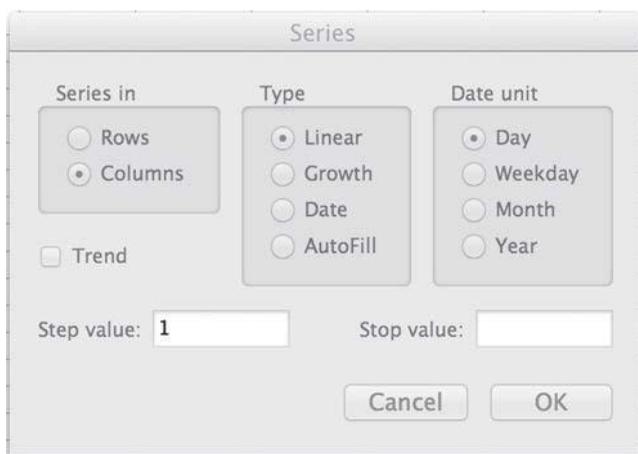


Рисунок 4.13
Заполнить окно
серии.

5. Нажимайте ОК. Окно должно закрыться, и ячейки A1-A361 должны автоматически заполняться значениями от 0 до 360. Эти значения представляют фазовый угол.

6. В ячейку B1 введите следующую формулу, без кавычек и точки в конце: “=Синус (радианы (A1)).” Это формула для синуса значения в ячейке A1, который является нашим начальным фазовым углом. Причина, по которой мы включили термин “радианы”, заключается в том, что Excel отформатирован для интерпретации полярных значений в терминах радианов, а не градусов. Используя формулы преобразования, мы показали, что фазовый угол в ячейке A1 находится в градусах, а не радианах. Нажмите кнопку Enter.

7. Перетащите маркер заполнения (в правом нижнем углу ячейки B1) вниз к ячейке B361. Это скопирует формулу в ячейке B1 в каждую из ячеек

8. Выделив ячейки, нажмите кнопку Вставить в меню, а затем диаграмму. Это должно открыть селектор диаграммы, как показано на рис. 4.14.

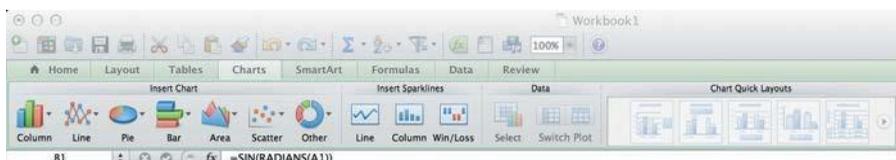


Рисунок 4.14
мастер диаграмм.

9. В селекторе диаграмм в разделе вставка диаграммы нажмите на строку, и выпадающее меню покажет различные диаграммы, из которых можно выбрать, как показано на рисунке 4.15.

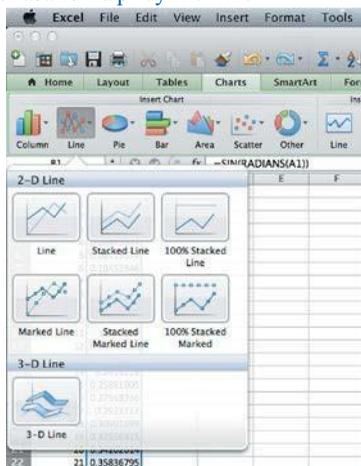


Рисунок 4.15
Выберите строку
из выпадающего меню.

10. В раскрывающемся списке выберите пункт линия еще раз. Это создаст график вашей синусоиды, как показано на рисунке 4.16.

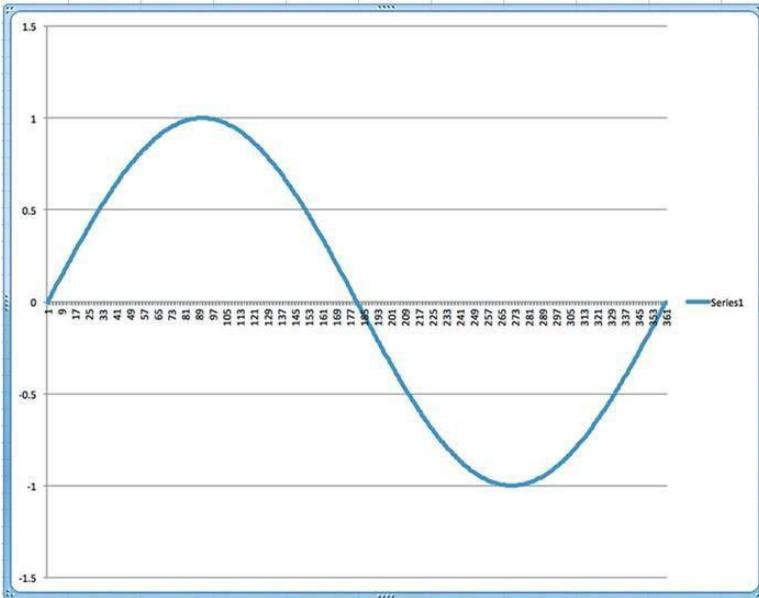


Рисунок 4.16
График синусоида.

11. Сохраните файл для будущих упражнений.

ЧАСТОТА

Воображаемый генератор, который мы "построили" в этой главе, является примером синхροгенератора, означающего, что скорость ротора синхронизирована с формой сигнала напряжения: чем быстрее вращение, тем быстрее повторяется форма сигнала напряжения. Скорость, с которой волна повторяется, называется частотой и измеряется в циклах в секунду, или герцах (Гц), назван по имени немецкого физика Генриха Герца (1857-

1894). Синхронные генераторы вращаются с относительно постоянной скоростью с небольшими колебаниями, вызванными изменением подключенной нагрузки. Когда вы добавляете много нагрузки быстро, генератор может временно замедлить и изменить частоту и напряжение. Когда вы быстро сбрасываете нагрузку, она может ускориться, что также изменяет частоту и напряжение.

Частота влияет на импеданс индукторов, как магнитные балласты в некоторых

источниках питания, используемых с разрядными лампами, взаимодействие некоторых огней с видео и пленкой, и импеданс конденсаторов, которые используются во многих электронных устройствах. В большей части Северной Америки и Центральной Америки и части Южной Америки, частота напряжения тока унифицирована на 60 Гц в большей части из Европы и в Австралии 50 Гц. Некоторые движущиеся огни и опасные материалы с магнитными балластными источниками питания предназначены для оптимальной работы на частоте 50 или

60 Гц. При подключении их к источнику питания другой частоты, это может повлиять на яркость и температуру работы.

СИНУСОИДА

До сих пор мы говорили о том, как генерируется переменное напряжение в электрической системе и как выглядит форма волны. Мы знаем, что один цикл начинается с 0 вольт и поднимается до пика, затем падает до 0 вольт, прежде чем он перейдет к отрицательному пику и снова вернется к 0 вольт. Затем он повторяется несколько раз в секунду. Другими словами, напряжение в системе переменного тока постоянно меняется.

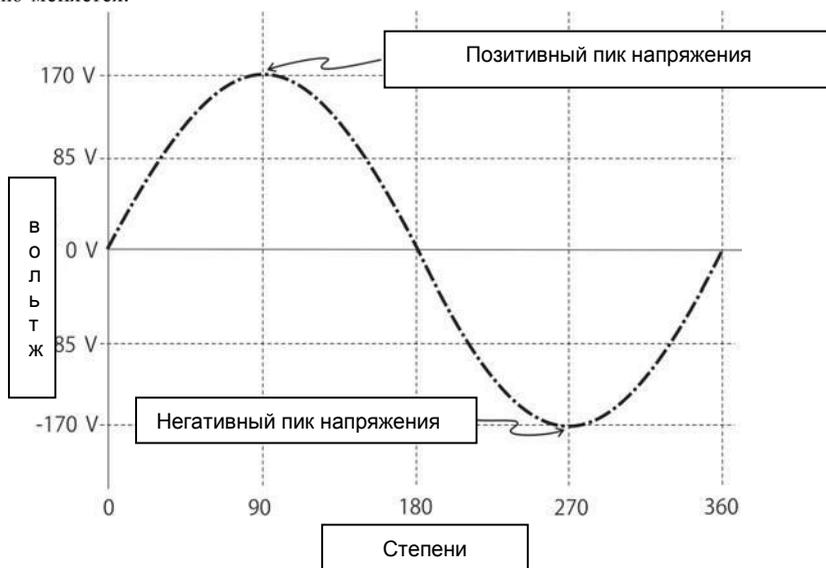


Рисунок 4.17

В форме волны переменного тока, напряжение тока изменяется между положительным пиковым напряжением тока и отрицательным пиковым напряжением.

Но мы всегда связываем напряжение переменного тока с одним числом, например 120 вольт в Северной Америке или 230 вольт в Европе и Австралии (см. Приложение 10: Всемирные напряжения тока и частоты). Как мы можем представить постоянно меняющееся значение, такое как переменное напряжение или ток, с помощью одного числа?

Ответ заключается в том, что когда мы говорим о напряжениях переменного тока, подразумевается, что мы имеем в виду среднеквадратическое значение. Среднеквадратическое значение — это число, которое вычисляется из непрерывно изменяющейся формы волны, такой как синусоида. Нам даже не нужно это говорить, и мы этого не делаем, это всегда подразумевается, когда мы говорим о переменном напряжении или токе.

Максимальная синусоидальная мощность

Но что такое среднеквадратическое значение или среднеквадратическое значение формы волны, такой как синусоида? Это формула для расчета эквивалентной мощности, передаваемой на нагрузку от переменного напряжения по сравнению с напряжением постоянного тока. Это не важно, что вы знаете ту формулу (если вы действительно хотите знать, это в конце книги в Приложении 4: Полезные формулы), но она включает в себя выборку значений в форме волны через один цикл, возведение в квадрат каждого из этих значений, вычисление средней величины (или среднего значения) и возведение в квадратный корень всего результата.

Почему мы используем среднеквадратическое значение? Потому что первые электрические системы были постоянного тока. Когда Вестингауз был успешным в развенчании сложившихся технологий с переменного тока

распространение, практически весь мир преобразован. К тому времени на многих заводах и в некоторых домах уже были установлены системы постоянного тока. Когда появилась возможность переключиться на переменный ток, возникла дилемма. Так как все уже было на месте—светильники, розетки, проводка, выключатели, предохранители и др.—им нужна была точная замена источника постоянного тока. Если они ошибутся, то их лампы будут гореть слишком ярко, но долго не продержатся, или они будут гореть недостаточно ярко, и они будут длиться очень долго. Среднеквадратическое значение дает ответ.

Пока среднеквадратическое значение напряжения соответствует напряжению постоянного тока, нагрузка, какой бы она ни была, будет получать одинаковое количество энергии. Среднеквадратическое напряжение иногда называют "нагревательным эквивалентным" напряжением. Причина в том, что, если бы у вас была электрическая печь, питаемая постоянным током, и установить ее на определенную температуру, а затем подачу изменили бы на переменный ток для того, чтобы она соответствовала температуре, напряжение переменного тока должно было бы быть среднеквадратическим эквивалентом напряжения постоянного тока. Другими словами, он передает такое же количество энергии.

Ближе к концу девятнадцатого века Томас Эдисон усовершенствовал лампу накаливания (следуя чертежу Джозефа Свана с углеродной нитью, платиновыми проводами и вакуумной стеклянной колбой), продлив ее срок службы до нескольких сотен часов. Недавно созданная Edison Electric Illuminating Company быстро росла, питаясь спросом на электрический свет и энергию по всей территории Соединенных Штатов и Европы.

В то время весь мир использовал постоянный ток. Но Джордж

Вестингауз, который был очень успешным в железнодорожной отрасли, видел то, что он считал будущим электроэнергетики. На выставке изобретений в Лондоне в

1881 году он увидел "вторичный генератор", известный сегодня как трансформатор, изобретенный Люсьеном Голаром и Джоном Диксоном Гиббсом. Вестингауз купил патент Голарда-Гиббса и начал строить генераторы переменного тока и системы распределения электроэнергии. В то время было много споров и дискуссий о переменном токе, но он страдал одним серьезным недостатком: не было двигателей, которые могли бы работать сеть переменного тока. Поэтому все преимущества распределения электроэнергии переменного тока сводились на нет отсутствием его способности обеспечивать передвижение, что было в то время одним из основных видов использования электроэнергии. Распределение электроэнергии постоянного тока, однако, не было лишено недостатков. Существуют серьезные ограничения в отношении того, как далеко она может быть экономически распределена; поэтому небольшие угольные "динамо-машины" должны использоваться в течение поМили (около 800 метров), где электричество используется. Динамо-машины были громкими и грязными, и они требовали использования оператора. Они, как правило, плохо подходят для городской жизни, где именно они были

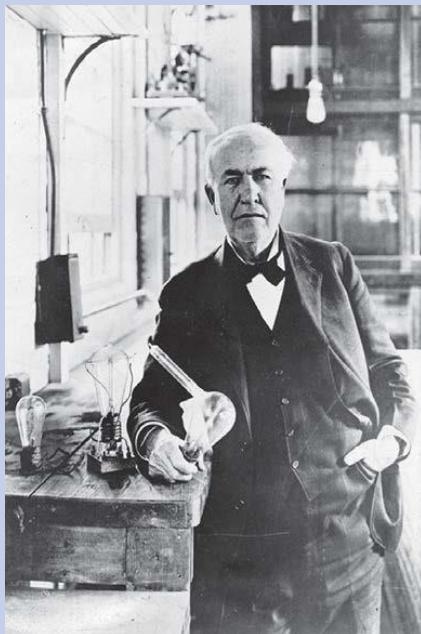


Рисунок 4.18

Томас Эдисон в своей лаборатории в Нью-Джерси (с. 1918-1919; любезно предоставлено Национальным архивом).

нужна больше всего. Что еще хуже, двигатели постоянного тока были неэффективны и требовали регулярного технического обслуживания, потому что они использовали коммутаторы и щетки, которые изнашивались. Но при всех своих недостатках электричество постоянного тока все еще намного превосходило Газовые лампы и ручной труд, оба из которых были образом жизни в то время.

В 1884 году молодой серб по имени Никола Тесла приехал в Нью-Йорк из родной Европы, чтобы пойти работать для Томаса Эдисона. Он был там в силу рекомендации от партнера Эдисона, Чарльза Батчелора, который написал: "мой дорогой Эдисон: Я знаю двух великих людей, и ты один из них. Другой этот молодой человек."

Двумя годами ранее у Теслы было видение многофазной системы переменного тока, которая могла бы управлять двигателем переменного тока. Он разработал решение математически, и у него было горячее желание построить прототип и сделать его реальностью. В конце концов он передал свою идею Эдисону, который недвусмысленно сказал, что его это не интересует, что это пустая трата времени и что он думает, что AC более опасен, чем DC.

Несмотря на отказ Эдисона, Тесла продолжал работать на него, надеясь, что однажды у него появится шанс реализовать свою многофазную систему переменного тока.

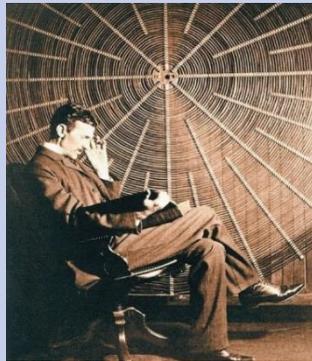
Эдисон предложил Тесле бонус в размере 50 000 долларов — более 1,25 миллиона долларов в 2013 году—если он улучшит эффективность своих генераторов постоянного тока. Но когда Тесле это удалось, Эдисон отказался, сказав, что его предложение было в шутку и что Тесла не понимает американского юмора.

Вскоре после этого Тесла покинул Edison company и с помощью внешних инвесторов основал собственную компанию по производству асинхронных двигателей и генераторов переменного тока. Инвесторы в конечном счете захватили компанию и вынудили его, потому что они стали нетерпеливыми. Без гроша в кармане Тесла прибегал к ручному труду, копая канавы в течение года, чтобы прокормить себя, в то время как искал другого инвестора. Наконец он встретил финансового спонсора, Чарльза Ф. Пека, который убедил его, что у него есть идея, достойная продолжения. В 1887 году Тесла подал семь патентов, связанных с многофазным производством, распределением и перемещением электроэнергии переменного тока. Он изобрел и построил двигатель переменного тока.

Джордж Вестингауз признал ценность работы Теслы и купил патенты примерно за \$ 60 000 (около \$1,5 млн в 2013 году) наличными и \$2.50 за каждую лошадиную силу электрической мощности, которую он продал. Тесла и Вестингауз стали партнерами.

Но у них было много работы, чтобы установить принятие переменного тока. Это угрожало не только постоянному току-ориентированной империи Томаса Эдисона, но и богатым и влиятельным людям Уолл-Стрит, которые обеспечивали Эдисона финансовой поддержкой, включая J. P. Morgan. Таким образом, была подготовлена сцена для так называемой "Войны токов" между Эдисоном, убежденным сторонником постоянного тока, и командой Теслы и Вестингауза, которые не сомневались в превосходстве распределения электроэнергии переменного тока. Преимущества распределение электроэнергии переменного тока

было неоспоримым: оно обеспечивало практическое средство эффективной передачи электроэнергии на большие расстояния, позволяя централизовать выработку электроэнергии, и значительно снижало стоимость передачи электроэнергии за счет уменьшения размеров провода передачи. Но в то время это также не было доказано.



*Рисунок 4.19
Никола Тесла перед
высокочастотным
трансформатором на
Ист-Хьюстон-стрит в
Нью-Йорке. (Любезно
предоставлено
www.teslasociety.com; д-р
любо Вуйович,
генеральный секретарь
Нью-Йоркского общества
памяти Теслы.)*



4.20
Джордж Вестингауз и Никола Тесла были союзниками в попытке сделать переменный ток стандартом распределения электроэнергии.

Чикагская Всемирная выставка 1893 года должна была

стать первым громким полем битвы для противостоящих технологий.

Эдисон и Вестингауз оба претендовали на поставку электроэнергии для освещения ярмарки, но нехватка меди вызвала резкий рост цен. Внезапно обстоятельства резко благоприятствовали решению с наименьшим использованием металла. Предложение Эдисона на миллион долларов было вдвое уменьшено Вестингаузом, и Вестингауз выиграл работу. В конце концов, около 28 миллионов человек стали свидетелями освещения 93 000 ламп накаливания и 5000 дуговых ламп, управляемых многофазной системой переменного тока.

Одним из участников Чикагской всемирной выставки был британский физик Лорд Кельвин. Так уж случилось, что Кельвин возглавлял международную комиссию по выбору проекта будущей электростанции на Ниагарском водопаде. До этого времени он твердо верил в распределение электроэнергии постоянного тока. Но демонстрация многофазного распределения переменного тока на ярмарке убедила его иначе. После того, как он стал свидетелем системы переменного тока на ярмарке, он успешно убедил комиссию присудить контракт Ниагарского водопада Westinghouse. С

репутацией Теслы и Вестингауза верхом на итоги и миллионы долларов на кону, проект был успешно завершен в 1896 году. Если мир еще не был убежден в превосходстве распределения электроэнергии переменного тока, проект Ниагарского водопада был окончательным решающим фактором. С этого момента подавляющее большинство электроприборов и оборудования было изготовлено для работы переменного тока.*

Это по-прежнему верно и сегодня. Переменный ток позволяет производить огромное количество электроэнергии в отдаленных местах, преобразуется в очень высокое напряжение, передается на очень большие расстояния с относительно низким током с использованием относительно небольших проводников и преобразуется обратно в более низкое напряжение в точке потребления.

Ключом к успешному внедрению переменного тока

стала разработка синхронного двигателя переменного тока, который родился в сознании молодого серба Николы Теслы.

Переменный ток более смертоносен, чем постоянный ток?

Ближе к концу девятнадцатого века, когда Вестингауз бросил вызов доминированию Эдисона в коммерческом производстве и распределении электроэнергии, Эдисон решил убедить общественность, что переменный ток гораздо опаснее—смертельно, даже—чем постоянный ток. Он тихо предоставил финансовую поддержку и ресурсы инженеру-электрику и консультанту по имени

Гарольд Браун, который публично выступал за законодательство против генераторов переменного тока и оборудования в Нью-Йорке. В рамках своей кампании Браун выставил на всеобщее обозрение дисплеи, призванные продемонстрировать, насколько опаснее переменный ток по сравнению с постоянным током.

Во время своего первого публичного выступления он ударил током большого черного ретривера в лекционном зале Колумбийского колледжа на углу 50-й улицы и Мэдисон-авеню в Нью-Йорке, к большому отвращению членов аудитории, в которую входили представители прессы, Нью-Йоркского городского совета электрического контроля и различных других заинтересованных сторон. Многие из них вышли в середине демонстрации, но Браун упорствовал, пока агент американского общества для профилактики жестокого обращения с животными ему запретили казнить на электрическом стуле другую собаку. Демонстрация закончилась, но Браун продолжил свою смертельную кампанию, успешно убивая электрическим током больших собак, телят и лошадей на публике. После одной из демонстраций Брауна появилась история

The New York Times описывает мрачное событие. Джордж Вестингауз написал письмо в газету в ответ на статью, защищающую переменный ток. Браун, в свою очередь, написал в газету письмо, в котором вызвал Вестингауза на странный конкурс.

"Я призываю Мистера Вестингауза встретиться со мной в присутствии компетентных экспертов по электрике и пройти через его кабинет.

тело переменного тока, в то время как я беру через мой

постоянный ток... мы начнем с 100 вольт, и будем постепенно увеличивать давление на 50 вольт каждый раз, продолжая увеличивать до тех пор, пока один или другой не заплачет достаточно и публично не признает свою ошибку."*

Вестингауз не удостоил его ответом.

Действительно ли переменный ток более опасен, чем постоянный ток? Есть много факторов, которые вступают в игру, когда человек получает шок. Сила удара тока зависит от размера, веса, возраста и жировых отложений человека, а также напряжения, частоты, длительности шока, площади контакта, контактного давления, температуры и влажности кожи. Вообще говоря, импеданс кожи – это первая линия защиты от смертельного удара. Это помогает предотвратить ток, протекающий через сердце и вызывающий фибрилляцию. Чем выше сопротивление, тем ниже ток для данного напряжения. Подобно любой другой электрической цепи, поток тока проходит через человеческое тело, подчиняясь закону Ома.

Оказывается, что для переменного тока импеданс нашей кожи уменьшается с увеличением частоты, но частоты в диапазоне частоты между 50 Гц и 60 Гц скорее всего станут причиной для возникновения фибрилляции желудочков.

* Джилл Джоннес, *Империи света: Эдисон, Тесла, Вестингауз и гонка за электрификацией мира* (Random House, 2003).

СРЕДНЕЕ ЗНАЧЕНИЕ ПО СРАВНЕНИЮ С МАКСИМАЛЬНОЙ СИНУСОИДАЛЬНОЙ МОЩНОСТЬЮ

Среднеквадратическое значение не совпадает со средним значением. Среднее значение одиночного цикла волны синуса 0 Вольтов потому что положительный полупериод точно отменяет отрицательный полупериод. Даже если мы инвертируем отрицательный полупериод синусоидальной волны (называемый “полноволновым выпрямлением”), среднее значение все равно не будет равно СРЕДНЕКВАДРАТИЧЕСКОМУ значению.

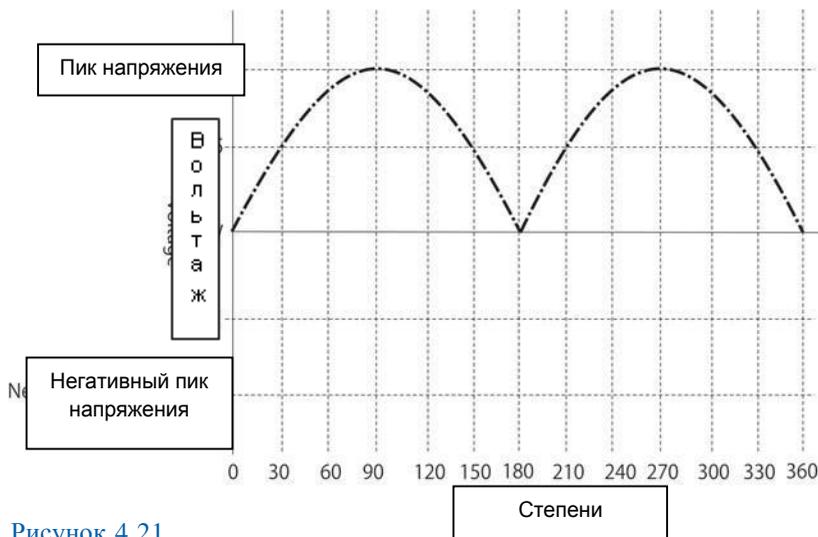


Рисунок 4.21

Полностью выпрямленная синусоида, где отрицательный полупериод инвертируется, чтобы сделать его положительным.

Среднее значение полностью выпрямленной синусоиды составляет около 63,7% пика, в то время как среднеквадратическое значение синусоиды составляет около 70,7% пика. Они явно не одно и то же. Чтобы найти среднеквадратическое значение синусоиды, мы можем просто умножить пиковое значение,

$70,7\%$, на $0,707$.

$73,4 = 70,7\% \cdot 0,707$

В Северной Америке, стандартное напряжение тока домохозяина 120 ВПТ, которое значит пиковое напряжение тока 169,7 вольт ($120 \div 0,707 = 169,73$ вольт). В Европе и Австрии, где напряжение составляет 230 вольт, пиковое напряжение составляет 325 вольт.

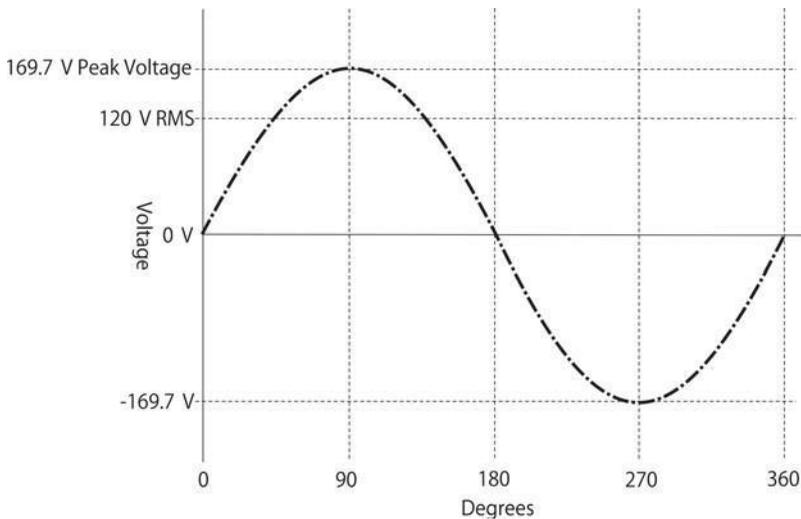


Рисунок 4.22

Среднеквадратическое значение синусоиды - это пиковое значение, умноженное на 0,707. В Северной Америке пиковое напряжение составляет 169,73 вольт, а среднеквадратическое значение - 120 вольт. В Европе и Австралии, пиковое напряжение составляет 325 вольт.

Среднеквадратическое значение напряжения имеет гораздо более реальное значение, чем среднее напряжение. Это эквивалент переменного тока передачи постоянного тока. Другими словами, среднеквадратическое значение 120В переменного тока передает на нагрузку то же количество энергии, что и 120 В постоянного тока. И помните, что мощность пропорциональна квадрату напряжения ($P = V^2 \div R$), а квадрат отрицательного числа положителен. Таким образом, даже отрицательное напряжение передает положительное значение мощности.

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ ИСТИННОГО СРЕДНЕКВАДРАТИЧНОГО ЗНАЧЕНИЯ

В главе 3 мы описали разницу между средним измерителем показаний и истинным среднеквадратическим значением (см. True RMS versus Average Reading Meters, стр. 33). Теперь, когда вы понимаете разницу между среднеквадратичным значением и средним значением синусоиды, вы должны лучше понять разницу между средним измерителем показаний и истинным среднеквадратичным измерителем. Измеритель истинного среднеквадратического значения имеет микропроцессор, который несколько раз в течение каждого цикла производит выборку сигнала и вычисляет

фактическое среднеквадратическое значение. Средние измерительное устройство просто инвертируют отрицательную половину формы волны и усредняют результаты над одним циклом, и после этого применяют множитель для аппроксимации среднеквадратического значения. Множитель основан на отношении среднеквадратического значения синусоиды к среднему значению полностью выпрямленной синусоиды, которое составляет $0,707 \div 0,637$ или $1,11$. Это приблизит среднеквадратическое значение, но только для чистой синусоиды.

В зависимости от того, насколько искажена форма сигнала, вы можете получить значительные ошибки, используя средний измеритель показаний для считывания несинусоидальных сигналов. В реальном производстве часто происходит искажение волны, особенно в форме кривой тока.

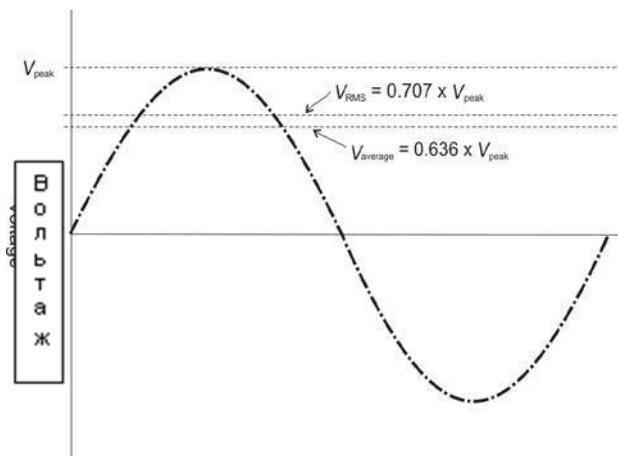


Рисунок 4.23

Чистая синусоидальная волна напряжения, показывающая среднеквадратическое значение по сравнению со средним значением.

Рисунок 4.24

Использование среднего измерителя показаний на несинусоидальных осциллограммах приводит к считыванию ошибок. Эти два счетчика показывают один и тот же проводник с разными результатами. Измеритель слева является средним показателем, а справа - истинным среднеквадратичным показателем. Обратите внимание на метку под дисплеем с надписью “истинным среднеквадратичным показателем.”



Большинство современных сигналов, с которыми мы сталкиваемся сегодня, не являются чистыми синусоидами. Диммеры, импульсные источники питания и модули с широтно-импульсной модуляцией (как это используется в светодиодах) изменяют форму волны по тому, как они потребляют ток,

искажая синусоиды и генерируя гармонические колебания (см. Главу 11: Система затемнения). В результате коэффициент умножения в среднем измерителе показаний больше не является точным, и измеритель отображает ошибочные результаты. Средний метр чтения только читает основную частоту и не гармонические частоты.

Использование истинного среднеквадратического значения, будь то вольтметр или амперметр, настоятельно рекомендуется при производстве живых событий. Если на счетчике нет маркировки, указывающей, что это истинное среднеквадратичное значение, то это средний счетчик показаний. Настоящий измеритель среднеквадратичного значения точно измеряет среднеквадратичное значение для любой формы волны, даже несинусоидальной формы. Точные измерительные устройства среднеквадратичного значения ограничены в точности только их частотной характеристикой и динамическим диапазоном. Частотная характеристика около 3000 Гц обычно достаточна, и она должна иметь достаточный динамический диапазон для измерения искаженного сигнала, в котором отношение между пиковым и среднеквадратическим значением, которое называется “коэффициент гребня”, составляет три.

ПОНИМАНИЕ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

4.1 а) При протекании тока вокруг проводника возникает магнитное поле с определенной ориентацией. Если кабель имеет два токопроводящих проводника плюс земля или земля (земля/земля обычно не проводит), и один проводник несет исходящий ток, а другой несет обратный ток, каково чистое (или общее) магнитное поле вокруг всего кабеля? Почему? б) замыкание на землю происходит в случае, когда на земле расположена электросхема. Результирующий поток тока возвращается к источнику питания через заземляющий проводник или проходит сквозь землю. Когда это происходит, является ли выходящий ток через живой проводник равным обратному току через второй проводник в двухпроводном плюс заземляющем или заземляющем кабеле? Существует ли чистое магнитное поле вокруг двух проводников?

4.2 Измеритель зажимов измеряет ток, обнаруживая магнитное поле вокруг проводника пропорционально току, протекающему через него. Работает ли измеритель зажимов на многожильном кабеле, как удлинитель? Почему или почему нет?

4.3 В эксперименте Фарадея, он завернул проводника с одной стороны железный тороид и подключил его к аккумулятору, как показано на рисунке 4.4. С другой стороны, он обернул другой провод и подключил его к амперметру. Этот аппарат похож на трансформатор? Трансформатор работает с источником питания постоянного тока, как батарея? Почему или почему нет?

4.4 а) Сколько градусов составляет один цикл синусоиды? б) в какой момент наступает положительный пик? с) отрицательный пик?

4.5 Какая из форм волны на рис. 4.25 является чистой синусоидой?

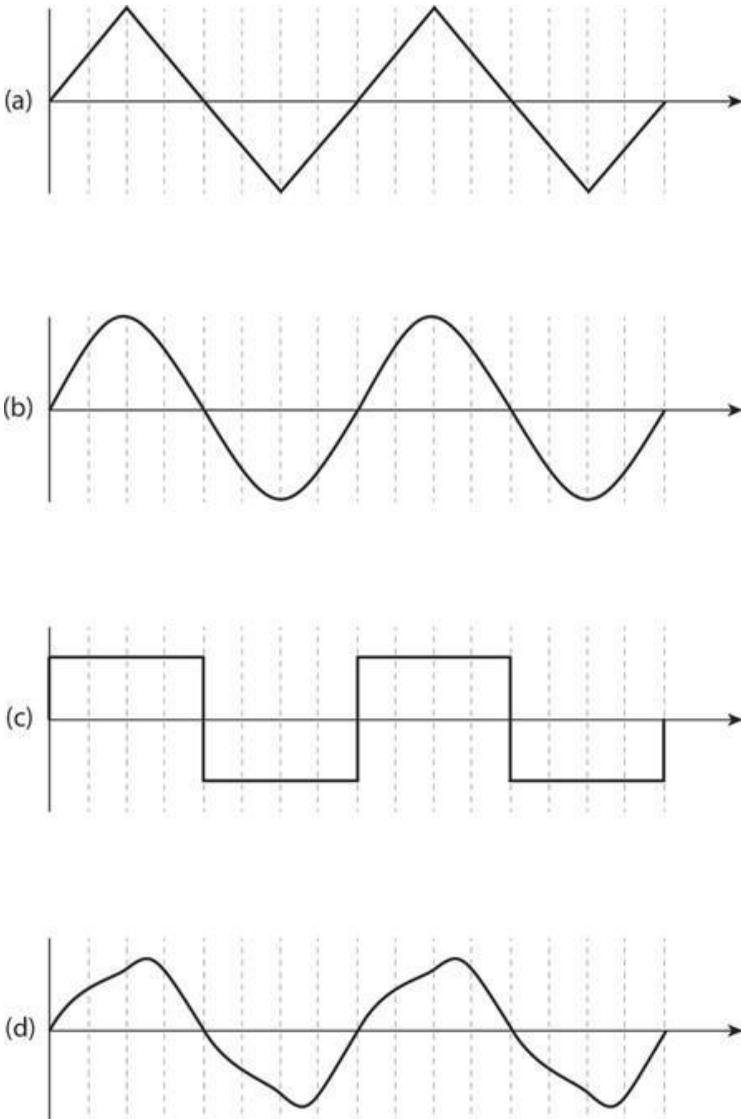


Рисунок 4.25

Какая из этих форм волны является чистой синусоидой?

4.6 Линейная нагрузка-это нагрузка, в которой форма волны тока совпадает с формой волны напряжения, подающей на нее питание. Когда напряжение повышается, как это происходит в первой четверти цикла синусоидальной волны, ток также повышается; когда напряжение падает, то же самое происходит и с током. Если лампа накаливания является линейной нагрузкой, пока источник питания является чистой синусоидой, является ли текущая форма волны также синусоидой?

4.7 Если лампа накаливания подключена к диммеру, который выключает цепь в течение первого квартала цикла, затем включает его во время второго квартала цикла и повторяется для отрицательного полупериода, является ли результирующая волна тока формой синусоиды?

4.8 Линейная нагрузка подключена к сети переменного тока и выводит ток в синусоиду. В течение первого полупериода ток течет от источника питания через проводник под напряжением к нагрузке и обратно через нейтральный проводник. В каком направлении будет течь ток во время отрицательного полупериода?

4.9 Если среднеквадратическое напряжение в Северной Америке составляет

120 вольт, сколько раз в течение одного цикла мгновенное напряжение (напряжение в любой момент времени) равно 120 вольт? В какой точке (точках) во время цикла находится напряжение 120 вольт?

4.10 Каково среднее значение одного цикла синусоиды?

4.11 Среднее напряжение и среднеквадратическое напряжение одинаковы? Является ли средний ток и среднеквадратический ток одинаковыми?

4.12 Если лампа производит определенное количество света и имеет определенный срок службы лампы, когда она работает с напряжением 100 В постоянного тока, будет ли она производить такое же количество света и иметь такой же срок службы лампы, если она работала со средним напряжением 100 В переменного тока? Как насчет того, чтобы лампа работала с переменным током 100 В RMS?

4.13 Когда напряжение указано, как 230 вольт в Европе или 120 вольт в Северной Америке, подразумевается, что это среднеквадратичное значение. То же самое относится и для течения? Если система тянет 150 ампер, это 150 ампер пика или 150 ампер среднеквадратического значения?

4.14 В двухполюсном генераторе на рис. 4.10, сколько циклов синусоиды производится для каждого вращения петли провода?

4.15 На рисунке 4.10 каждый раз, когда вершина петли провода проходит через Северный полюс магнита, (положительный/отрицательный) пик производится в синусоиде. Каждый раз, когда он проходит Южный полюс, он производит (положительный/отрицательный) пик.

4.16 Почему и синус нуля, и синус 360° равны нулю?

4.17 Имеет ли одножильный кабель, такой как фидерный кабель, магнитное поле вокруг него, если он проводит ток?

4.18 Если изменяющееся магнитное поле может вызвать ток в проводнике, будет ли аудиокабель, который работает параллельно одножильному фидерному кабелю с протекающим током, хотя он вызывает ток в аудиокабеле? Если да, то как можно уменьшить ток, протекающий в звуковой кабель?

4.19 Посмотрите на приложение 10: Всемирные напряжение тока и частоты.

Что такое напряжение и частота в следующих местах? (Австралия; (б) Бразилия; (с) Канада; (д) Германия; (е) Восточная Япония; (е) Великобритания; (ф) США: Нью-Йорк.

4.20 Если частота синусоиды 50 Гц, сколько времени требуется для завершения одного полного цикла?

4.21 На листе Excel, созданном в упражнении на стр. 48 (упражнение ваше знание сухожилий), каково значение синуса при фазовом угле 100° ?

4.22 В упражнении на стр. 48(упражнение ваше знание сухожилий) измените формулу в ячейке B1 на “=169.73*СИНОС (РАДИАНЫ(A1)).” Теперь перетащите маркер заполнения (в правом нижнем углу ячейки B1) до ячейки B361. Оставить клетки выделенными. С по-прежнему выделенными ячейками,

нажмите на вставить в меню, затем диаграмму. Откроется мастер диаграмм. В поле тип диаграммы щелкните строка и нажмите кнопку Готово. Это создаст новый график, показывающий синусоиду с пиковым значением 169,7 вольт, как показано на рисунке 4.26. Оцените фазовый угол, где мгновенное напряжение составляет 120 вольт.

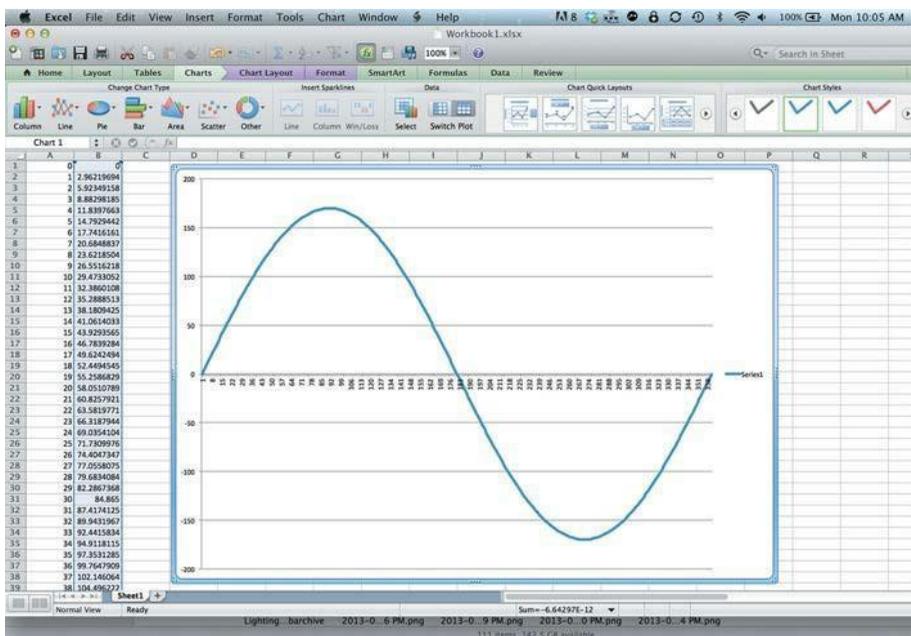


Рисунок
4.26

Синусоидальная волна с максимальным значением 169,7 вольт.

4.23 Если среднеквадратическое напряжение в Европе составляет 230 вольт, каково пиковое напряжение?

4.24 Если пиковое напряжение в Японии составляет 141,4 вольт, каково среднеквадратическое напряжение?

4.25 Если пиковое напряжение в Соединенном Королевстве составляет 339 вольт, каково среднеквадратическое напряжение?

Электрическая нагрузка

- Я никогда не видел электричества, поэтому и не плачу за него.”
Стивен Райт

Все, что подключено к электрической цепи и потребляет ток, называется "нагрузкой". Электрические нагрузки можно разделить на три категории: резистивные, индуктивные и емкостные. Каждый из этих типов нагрузок ограничивает величину тока, который будет протекать через него, хотя они делают это по-разному. Резисторы препятствуют течению тока через трение и преобразуют электрическую энергию в тепловую. Индукторы и конденсаторы препятствуют протеканию тока через магнитные поля и накопленные электрические заряды, соответственно, но вместо преобразования электрической энергии в тепловую, они накапливают электрическую энергию. Независимо от типа, нагрузка в конечном счете определяет, сколько тока будет протекать в цепи, и ток притяжения является важным фактором для безопасного распределения мощности.

В производстве событий раньше было так, что большинство нагрузок были резистивными, как лампы накаливания (парные банки, эллипсоидальные отражатели, светильники Френеля и т. д.). Сегодня все больше устройств имеют емкостные нагрузки, в том числе светодиоды, импульсные источники питания (встречаются в консолях, цифровых усилителях, видеопроекторах, автоматических светильниках и др.), и некоторые индуктивные нагрузки как моторы и магнитные балласты. Хотя многие из этих устройств предназначены для компенсации влияния емкости или индуктивности, распределение мощности при производстве событий в реальном времени меняется из-за типов подключаемых нагрузок. Давайте взглянем на каждый тип и как он влияет на электрическую систему.

СОПРОТИВЛЕНИЕ

Сопротивление - это противодействие свободному течению электрического тока, вызванному трением между частицами в проводнике. Он производит тепло при преобразовании электрической энергии.

Сопротивление иногда желательно, а иногда нежелательно. Желательно, когда мы хотим ограничить поток тока через контур и предотвратить разрушение контура и его элементов в результате нагрева. Нежелательно, когда дело доходит до энергоэффективности, потому что энергия, которая преобразуется из электрической в тепловую энергию, теряется.

В некоторых случаях мы используем преимущества процесса преобразования электрической энергии в тепловую. Без него не работали бы тепловые выключатели и лампы накаливания. В других случаях мы стараемся максимизировать энергоэффективность за счет минимизации потерь тепла, например, в проводниках и других элементах схемы.

В больших системах распределения энергии способ соединения наших нагрузок приводит к сложной сети сопротивлений, некоторые из которых являются последовательными, а некоторые - параллельными.

Когда два или более резисторов соединены в цепи конец в конец, они соединены последовательно.

Рисунок 5.1
Сеть резисторов.



Мы можем заменить их одним резистором эквивалентного значения, если мы знаем, как их объединить в серию. Эквивалентное сопротивление нескольких резисторов, соединенных последовательно, представляет собой сумму отдельных резисторов.

$$R_{\text{общий}} = R_1 + R_2 + \dots + R_{n-1} + R_n$$

где n - общее количество последовательно включенных резисторов.

Пример 5а

Четыре резистора $100 \text{ K } \Omega$ соединены последовательно. Каково их эквивалентное сопротивление?

Ответ: Общее сопротивление может быть вычислено путем сложения значения каждого резистора в серии.

Рисунок
5.2



ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

$$R \text{ общий} = 100\text{k} + 100\text{k} + 100\text{k} + 100\text{k}$$

$$R \text{ общий} = 400\text{k} \Omega$$

Пример 5b

Последовательно включены шесть резисторов со следующими значениями: 120 Ом, 150 Ом, 100 Ом, 100 Ом, 250 Ом и 500 Ом. Что такое эквивалентное сопротивление?

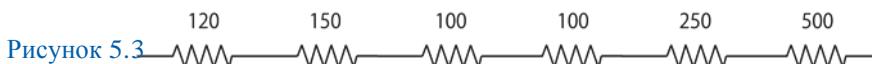


Рисунок 5.3

Электрическая нагрузка

Ответ:

$$R \text{ общий} = 120 + 150 + 100 + 100 + 250 + 500$$

$$R \text{ общий} = 1220 \text{ Ом}$$

ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

Когда два или более резисторов соединены таким образом, что есть две общие точки, они, как говорят, соединены параллельно.

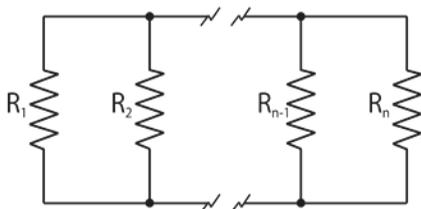


Рисунок 5.4

Сеть резисторов параллельно.

Чтобы найти эквивалентное сопротивление сети из N резисторов параллельно, используйте следующую формулу:

$$\frac{1}{R_{\text{total}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_{n-1}} + \frac{1}{R_n}$$

где R общий - общее сопротивление, R_1 - первый резистор, R_2 - второй резистор, R_{n-1} - второй до последнего резистор, а R_n - последний резистор.

Пример 5с

Если четыре $120 \text{ К } \Omega$ резистора соединены параллельно, найти значение эквивалентного сопротивления.

Ответ:

$$\frac{1}{R_{\text{total}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

$$\frac{1}{R_{\text{total}}} = \frac{1}{120\text{k}} + \frac{1}{120\text{k}} + \frac{1}{120\text{k}} + \frac{1}{120\text{k}}$$

$$1/R_{\text{total}} = (1 \div 120,000) + (1 \div 120,000) + (1 \div 120,000) + (1 \div 120,000)$$

$$1/R_{\text{total}} = 0.00000833 + 0.00000833 + 0.00000833 + 0.00000833$$

$$1/R_{\text{total}} = 0.00003333$$

$$R_{\text{total}} = 30,000 \Omega = 30 \text{ к}\Omega$$

Пример 5d

Параллельно подключены шесть резисторов со следующими значениями: 120 Ом , 150 Ом , 100 Ом , 100 Ом , 250 Ом , 500 Ом . Найти эквивалентное сопротивление.

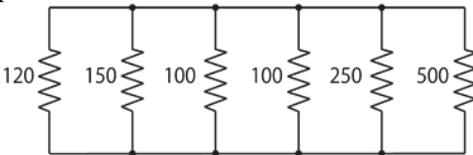


Рисунок 5.5

Ответ:

$$\frac{1}{R_{\text{total}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6}$$

$$\frac{1}{R_{\text{total}}} = \frac{1}{120} + \frac{1}{150} + \frac{1}{100} + \frac{1}{100} + \frac{1}{250} + \frac{1}{500}$$

$$1/R_{\text{total}} = (1 \div 120) + (1 \div 150) + (1 \div 100) + (1 \div 100) + (1 \div 250) + (1 \div 500)$$

$$1/R_{\text{total}} = 0.0083 + 0.00667 + 0.01 + 0.01 + 0.004 + 0.002$$

$$1/R_{\text{total}} = 0.041$$

$$R_{\text{total}} = 24.39 \text{ Ом}$$

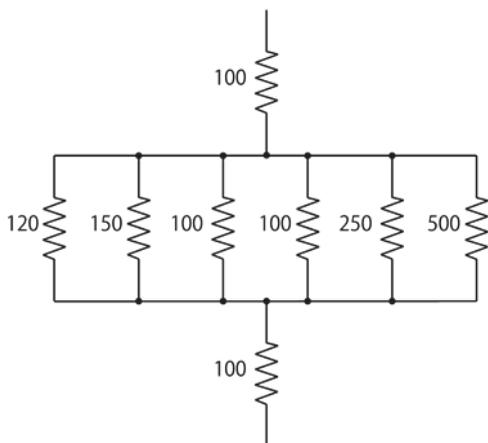


Рисунок 5.6

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ/ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

Если цепь имеет резисторы, соединенные как последовательно, так и параллельно, эквивалентное сопротивление можно найти, сначала вычисляя эквивалентное значение параллельной сети резисторов и заменяя сеть эквивалентным сопротивлением. Затем перерисовывают сеть, используя эквивалентное сопротивление параллельной сети резисторов, и вычисляют эквивалентное сопротивление последовательных резисторов.

Пример 5е

Найти общее значение сопротивления в цепи:

Ответ:

Шаг 1: Вычислите значение параллельной сети резисторов. Из приведенного выше примера, мы знаем, что общее сопротивление 24.39 Ом.

Шаг 2: Замените параллельную резисторную сеть одним резистором того же значения и перерисуйте сеть.

Шаг 3: Сумма ряда резисторов:

$$R \text{ общий} = 100 + 24.39 + 100 = \text{Ом.}$$

РЕАКТИВНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

При постоянном токе единственным препятствием для протекания тока является сопротивление. Но с переменным током, в дополнение к сопротивлению, есть нечто, называемое “реактивным сопротивлением”, которое также противостоит свободному течению тока. Реакция измеряется в Омах и зависит от поведения индукторов и конденсаторов. Индуктор- это катушка провода, которая находится во многих распространенных устройствах, таких как двигатели и трансформаторы. Конденсатор представляет собой накопитель заряда, выполненный из двух проводников вблизи, разделенных диэлектриком. В производстве живых событий есть много индукторов и конденсаторов в устройствах, которые мы используем каждый день. Кумулятивные эффекты этих устройств являются причиной реактивного сопротивления, а реактивное сопротивление изменяет поведение цепи.

Существует два типа реактивного сопротивления: индуктивное реактивное сопротивление исходит от индукторов или индуктивных нагрузок и емкостное реактивное сопротивление исходит от конденсаторов или емкостных нагрузок. Нагрузка может иметь как индуктивность, так и емкость, но в целом она либо индуктивная, либо емкостная, в зависимости от размера индуктивности и емкости. Чтобы лучше понять индуктивное и емкостное реактивное сопротивление, нам нужно больше знать о индукторах и конденсаторах.



Рисунок 5.7

ИНДУКТОРЫ

Чтобы построить индуктор, мы возьмем отрезок провода и обернем его вокруг цилиндра, чтобы сделать катушку. Если мы подключим этот индуктор к источнику постоянного тока, то поток тока через провод создаст сильное магнитное поле через центр катушки. (Помните правило правой руки?) Каждый поворот катушки обуздывает силы и усиливает магнитное поле.

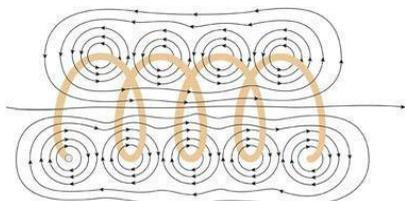


Рисунок 5.8

Вид в поперечном сечении магнитного поля вокруг индуктора. Обратите внимание, что индуктор не препятствует протеканию постоянного тока, только переменного тока.

Для постоянного тока индуктор является прямым коротким-помните, это просто катушка провода. Он не имеет никакого импеданса, кроме небольшого сопротивления провода. Но если мы подключим индуктор к источнику переменного тока, произойдет что-то очень интересное. Во время положительного полупериода, ток создает сильное магнитное поле в одном направлении внутри катушки. Когда полярность переключается во время отрицательного полупериода, исходное магнитное поле, которое было настроено положительным полупериодом, теперь находится в прямой оппозиции к приложенному напряжению. Это первоначальное магнитное поле не коллапсирует сразу; для его коллапса требуется время. Поскольку он противоположен полярности приложенного напряжения, он противостоит изменению направления тока. Он действует как "дрессель", подавляя переменный ток. Через некоторое время магнитное поле коллапсирует достаточно, чтобы позволить току течь в противоположном направлении. Этот ток создает магнитное поле, которое противостоит обратному току. И ток, и магнитное поле постоянно меняют направление, и ток постоянно тормозится.



Рис. 5.9

Индуктор, намотанный на тороидальный железный сердечник. (Фото предоставлено Левитон.)

Рис. 5.10

Символы индуктора с железным сердечником и без него.



В нашей водо-электрической аналогии в главе 2 индуктор можно рассматривать как большое лопастное колесо или лопасть турбины в канале воды. Когда вода течет, она начинает вращать лопастное колесо, придавая ему импульс. Если поток воды внезапно попытается изменить направление, лопастное колесо будет сопротивляться ему, потому что оно поворачивается в другую сторону. Как только обратный ток преодолевает импульс колеса, оно начнет поворачиваться в другую сторону. Но он первоначально сопротивляется изменению

направление, пока импульс не будет преодолен. То же самое относится и к электрической энергии. Магнитное поле индуктора подобно импульсу в лопастном колесе.

Индуктивность измеряется в Генри, в честь американского ученого Джозефа Генри (1797-1878). Но это часто сокращается буквой "L", после Генриха Ленца (1804-1865), Балтийского немецкого физика, который продвинул исследование индуктивности.

Генри очень большое значение; поэтому, более общее для индукторов быть измеренным в миллигенрис (10⁻³ Генри или 0,001 Генри).

Значение индуктора зависит от диаметра провода или датчика провода, диаметра катушки и числа витков в катушке. При вставке железного сердечника в центр индуктора индуктивность увеличивается пропорционально проницаемости железного сердечника, т. е. чем больше магнитное поле влияет на материал сердечника, тем выше индуктивность. Технически индуктивность-это отношение магнитного потока к величине протекающего тока. Но частота тока также влияет на реактивное сопротивление, которое влияет на то, насколько индуктор препятствует протеканию тока.

Помните, что реактивное сопротивление измеряется в Омах, и это мера того, насколько индуктор препятствует свободному течению тока. Индуктивное сопротивление сокращено как XL. Величина реактивного сопротивления зависит от размера индуктора и частоты протекающего через него тока.

$$X_L (\text{ohms}) = 2 \times \pi \times f \times L$$

где ohms – Ом, XL – индуктивное сопротивление, π – pi (3.14), f – частота в герцах, а L – индуктивность в Генри.

Индуктор не предлагает никакого импеданса потоку постоянного тока (кроме небольшого сопротивления провода), потому что частота постоянного тока составляет 0 Гц. (Постоянный ток меняет полярность ноль раз в секунду!) Но чем выше частота, тем больше она препятствует потоку переменного тока.

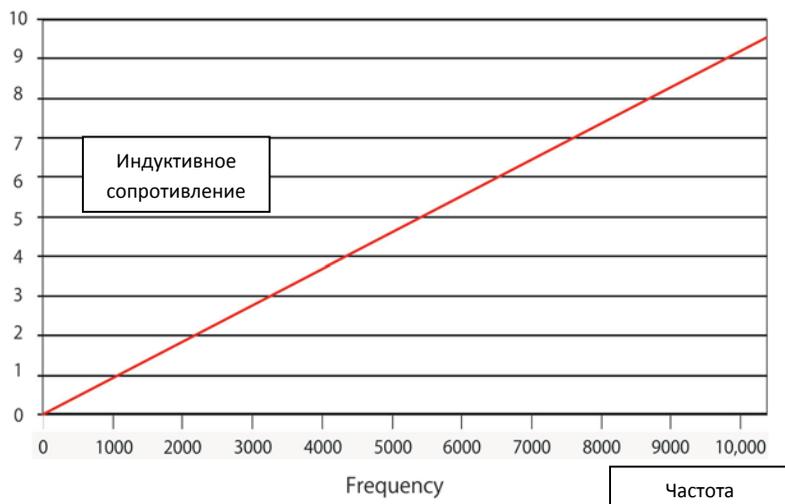


Рисунок 5.11

Индуктивное сопротивление от частоты. По мере того как частота увеличивает, так делает индуктивное реактивное сопротивление в индукторе.

Пример 5f

Что такое индуктивное сопротивление нагрузки с индуктивностью 500 миллигенри на частоте 50 Гц?

Ответ:

$$X_L = 2 \times \pi \times f \times L$$

$$X_L = 2 \times 3.14 \times 50 \times 0.500$$

$$X_L = 157 \Omega$$

Пример 5g

Если индуктор выше (500 миллигенри) подключен к 230-вольтовому источнику питания на частоте 50 Гц, сколько тока будет протекать через него?

Ответ:

$$V = I \times X_L$$

$$230 = I \times 157$$

$$I = 230 \div 157 = 1.46 \text{ A}$$

В электронные схемы, индукторы часто строятся для конкретных целей: для настройки контура на заданную частоту, чтобы отфильтровать определенные частоты и т. д. Но в типичной системе распределения энергии

индуктивность часто является непреднамеренным побочным продуктом физического расположения. Многие компоненты в типичной развлекательной производственной системе имеют некоторую естественную индуктивность, например, двигатели, трансформаторы и балласты. Как мы увидим далее, индуктивность вносит сдвиг между формами колебаний напряжения и тока, что имеет много важных последствий в системе распределения электроэнергии.

КОНДЕНСАТОРЫ

Конденсатор представляет собой устройство хранения заряда, которое может временно хранить электростатический заряд в электростатическом поле между двумя пластинами, разделенными изоляционным материалом. Он собирает отрицательно заряженные электроны на одной пластине и положительно заряженные дырки (атомы, у которых отсутствует электрон) на другой. Конденсатор подобен батарее за исключением того, что батарея производит обязанность через химическую реакцию пока конденсатор может только получить обязанность от внешнего источника.

В нашей аналогии вода-электричество конденсатор можно рассматривать как водонапорную башню, которая временно хранит воду из резервуара, пока она не понадобится. Она не может генерировать новую воду; она может принимать только ту воду, которая откачивается из резервуара. Он держит воду на высоте, так что давление воды обеспечивает доставку по требованию.

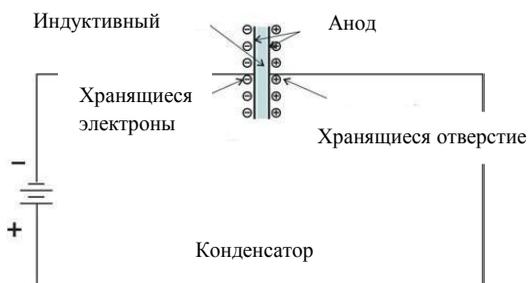


Рисунок 5.12

Конденсатор хранит заряд, собирая отрицательно заряженные электроны и положительно заряженные дырки на двух пластин, разделенных изоляционным материалом.

Значение конденсатора измеряется в фарадах, после Майкла Фарадея (1791-1867), британского физика и химика, который открыл электромагнитную индукцию. Фарада-это очень большое количество, поэтому большинство конденсаторов имеют значение в микрофарадах (10⁻⁶ или

0.000001 Фарад Фарад) или меньше.

Классический конденсатор представляет собой дискретный компонент, состоящий из двух слоев фольги, разделенных изоляционной полимерной пленкой, слюдой или бумагой. Фольга собирает заряды, когда напряжение подается на два вывода, и разряжается, когда находит путь для потока электронов.



Конденсатор

Рисунок 5.13
Символы для конденсатора (сверху) и поляризованного конденсатора.



Поляризованный конденсатор



Рисунок 5.14
Конденсатор в автоматизированном светильнике.

Поскольку две пластины в конденсаторе разделены изоляционным материалом, конденсатор действует как разомкнутая цепь к источнику постоянного тока, как только он заряжен. В цепи переменного тока, однако, конденсатор сопротивляется потоку тока, потому что накопленный заряд противостоит приложенному напряжению.

Противодействие течению тока в конденсаторе называют емкостным реактивным сопротивлением,

Х_С и измеряется в Омах.

$$X_C = 1 \div (2 \times \pi \times f \times C),$$

где Х_С-емкостное реактивное сопротивление, f-частота, а С-емкость в фарадах.

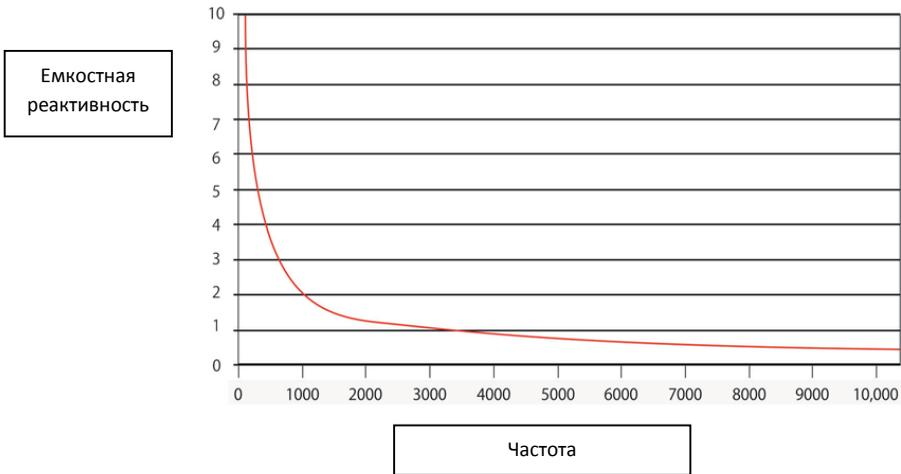


Рисунок 5.15

Емкостное реактивное сопротивление в зависимости от частоты; чем выше частота, тем меньше емкостное сопротивление. Обратите внимание, что для частоты 0 Гц (которая является постоянным током) емкостное реактивное сопротивление бесконечно—или разомкнутая цепь.

Пример 5ч

Каково емкостное реактивное сопротивление нагрузки с емкостью 250 мкФ при 150 Гц?

Ответ: $X_C = 1 \div (2 \times \pi \times f \times C)$

$$X_C = 1 \div (2 \times 3.14 \times 150 \times 0.00025)$$

$$X_C = 1 \div 0.236$$

$$X_C = 4.2 \text{ Ом}$$

ПОЛНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

Комбинация сопротивления и реактивного сопротивления называется импедансом (Z).

$$Z = R + jX$$

где Z -полное сопротивление, измеренный в Омах, R - сопротивление, X -реакция, также измеренная в Омах, а j -комплексное число.

Полное сопротивление и реактивное сопротивление являются комплексными числами, то есть они имеют как величину, так и направление. Комплексные числа могут быть представлены вектором, который представляет собой стрелку, длина которой указывает величину, а ориентация представляет направление. Например, скорость-это вектор, в котором величина указывает скорость, а ориентация указывает направление. Если бы мы хотели нарисовать вектор, показывающий самолет, летящий на восток со скоростью 700 километров в час, стрелка указывала бы вправо (Восток), и она была бы масштабирована так, чтобы длина стрелки составляла 700 километров в час.

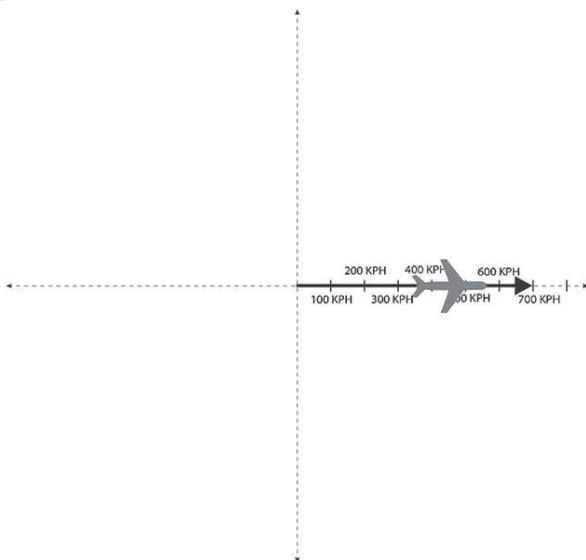


Рисунок 5.16

Вектор-это представление комплексного числа, которое показывает величину и направление.

Направление реактора может быть емкостным или индуктивным, что означает, что вектор может указывать вверх для конденсатора или вниз для индуктора. Поскольку полное сопротивление представляет собой комбинацию сопротивления и реактивного сопротивления, направление импеданса может быть резистивным (вправо), емкостным (вверх), индуктивным (вниз) или где-то посередине. Поскольку сопротивление не является комплексным числом, оно может иметь только одно направление, которое находится справа на графике. Например, если цепь имеет резистор 200 Ом и конденсатор с реактивным сопротивлением 150 Ом, то

Полное сопротивление - это вектор от головки реактивного сопротивления к головке сопротивления, как показано на рисунке 5.17 ниже.

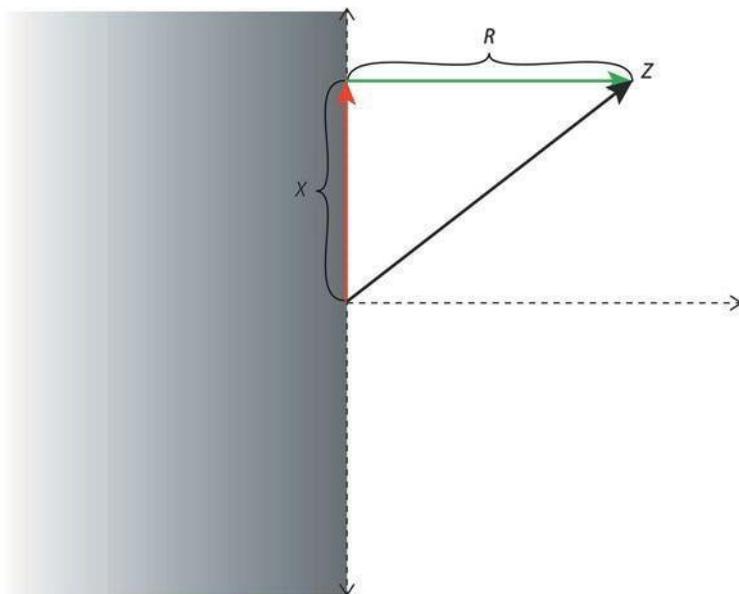


Рисунок 5.17

Полное

сопротивление представляет собой комбинацию сопротивления и реактивного сопротивления и может быть представлен вектором, который имеет направление.

Обратите внимание, что сопротивление может быть только положительным значением, но реакция может

быть емкостной (направление вверх) или индуктивной (направление вниз).

Закон Ома описывает связь между напряжением, током и сопротивлением в цепи переменного тока так же, как он описывает связь между напряжением, током и сопротивлением в цепи постоянного тока.

$$V = I \times Z$$

КОМПЛЕКСНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

В реальной жизни нет такого понятия, как чисто реактивная нагрузка. Каждая нагрузка имеет хоть какое-то сопротивление. Он может быть маленьким, но даже большие проводники имеют немного сопротивления. Точно так же иногда паразитная или паразитная емкость, или взаимная индуктивность могут добавлять реактивное сопротивление к чисто

резистивной нагрузке.

Сочетание сопротивление, емкостное сопротивление и индуктивное сопротивление составляющих импеданса нагрузки. Полное сопротивление - это комплексное число, то есть оно имеет как величину, так и направление (или фазовый угол). Точно так же индуктивность и емкость также являются комплексными числами; они также имеют как величину, так и фазовый угол. Поскольку они являются комплексными числами, они могут быть представлены в векторной форме, где длина вектора представляет величину, а направление представляет фазовый угол. Поскольку резисторы всегда имеют фазовый угол, равный нулю, мы можем показать графическое представление комплексного воздействия в плоскости, где сопротивление показано вдоль оси X, а реактивное сопротивление показано вдоль оси Y.

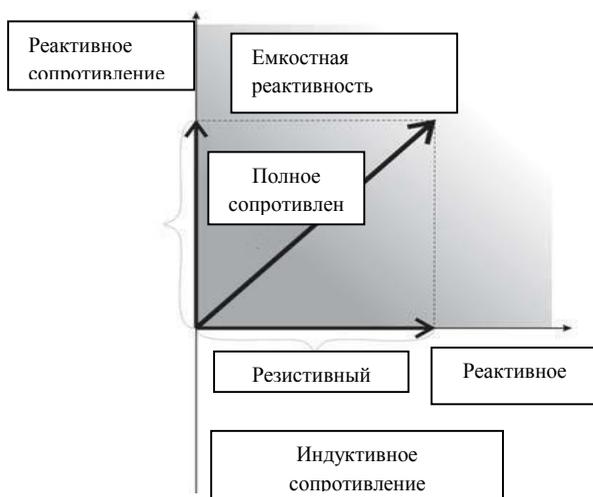


Рисунок 5.18

Комплексная плоскость, показывающая, как резистивный компонент плюс реактивная составляющая векторно суммируются, чтобы составить вектор импеданса.

Обратите внимание, что положительное реактивное сопротивление указывает на индуктивную нагрузку, в то время как отрицательное реактивное сопротивление указывает на емкостную нагрузку.

Сопротивление может быть только положительным числом, в то время как реактивное сопротивление может быть положительным или отрицательным. Положительная реактивность указывает на то, что сопротивление больше индуктивного, чем он емкостной, и отрицательную реактивность указывает на то, что сопротивление больше емкостного, чем индуктивный.

Векторные Шахматы

Комплексное число может быть представлено вектором, который представляет собой стрелку, длина которой представляет величину или размер комплексного числа, а направление представляет другое значение, такое как направление. Предположим, у нас была шахматная доска, как показано ниже, за исключением того, что каждый квадрат представляет 1 Ом. И в этой игре у нас есть только две шахматные фигуры, называемые резистором и реактором. Шахматная фигура резистора (Красная) может двигаться только вправо или влево по желтой стрелке, а шахматная фигура реактора (зеленая) может двигаться только вверх или вниз, если она движется в емкостном направлении и вниз, если он движется в индуктивном направлении — вдоль пурпурной стрелки. Чтобы начать игру, обе фигуры находятся в центре доски. Теперь предположим, что у нас есть схема с 3-омным резистором и индуктивностью с 4 Ом реактивного сопротивления при 60 Гц.

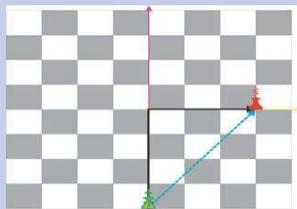


Рисунок 5.19

В векторных шахматах каждый квадрат представляет 1 Ом, и красная шахматная фигура резистора может двигаться только вправо или влево вдоль желтой стрелки, а зеленая шахматная фигура реактора может двигаться только вверх или вниз.

Первый,

мы переместим резистор на три пространства вправо, чтобы представить 3-омный резистор, а затем переместим реактор на четыре пространства вниз, чтобы представить 4-омный реактор. Если мы рисуем

прямая линия от конца реактора до конца резистора (синяя пунктирная стрелка), это вектор, который представляет сопротивление цепи. Длина вектора представляет величину сопротивления в Омах, а направление представляет, сколько чистого сопротивления он имеет по сравнению с тем, сколько чистого реактивного сопротивления он имеет. В этом случае сопротивление составляет 5 Ом (потому что это треугольник 3-4-5).

Если бы у нас была другая схема с 4-омным резистором и конденсатором с 3 омами реактивного сопротивления при 50 Гц, то, начиная с центра платы, мы бы переместили резистор вправо на четыре пространства и реактор вверх три пространства. Сопротивление схемы по-прежнему будет 5 Ом, потому что это все еще треугольник 3-4-5, но в этом случае схема будет

емкостной, а не индуктивной.

Теперь предположим, что у нас есть схема с 5-омным резистором, 3-омным конденсатором и 3-омным индуктором. Начиная с центра платы,

мы будем перемещать резистор пять

пространств вправо, затем мы переместим реактор на три пространства вверх, а затем на три пространства вниз. Реактор заканчивался бы пятью пространствами справа и нулевыми пространствами

вверх и вниз, потому что индуктивное реактивное сопротивление точно отменяет емкостное реактивное сопротивление. Конечным результатом будет то, что сопротивление цепи 5 Ом и это чисто резистивный.

Мы можем вычислить величину сопротивления, если мы знаем значение сопротивления и величину реактивного сопротивления с помощью Теоремы Пифагора. Буква Z часто используется для представления сопротивления.

$$\text{Полное сопротивление}^2 (\text{Ом}) = \text{Сопротивление}^2 (\text{Ом}) + \text{Сопротивление}^2 (\text{Ом}),$$

где реактивное сопротивление = $X_L - X_C$, или

$$Z^2 = R^2 + (X_L - X_C)^2.$$

Полное значение сопротивления включает в себя как величину и фазовый угол. Если нагрузка больше, чем индуктивная емкостная, то ток будет отставать от напряжения нагрузки. Если нагрузка более емкостная, чем индуктивная, то ток будет вести напряжение. (См. Complex Power, стр. 92.)

Пример 5i

В схеме 60 Гц, показанной на рис.5.20, нагрузка имеет сопротивление 75 ом, индуктивность 75 миллигенри и емкость 25 микрофард. Что такое полное сопротивление?

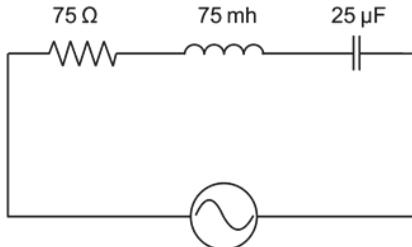


Рисунок 5.20

Ответ:

Шаг 1: Во-первых, рассчитать индуктивное сопротивление и емкостное сопротивление.

$$X_L = 2 \times \pi \times f \times L$$

$$X_L = 2 \times 3.14 \times 60 \times 0.075$$

$$X_L = 28.26 \text{ ohms}$$

$$X_C = 1 \div (2 \times \pi \times f \times C)$$

$$X_C = 1 \div (2 \times 3.14 \times 60 \times 0.000025)$$

$$X_C = 1 \div 0.00942$$

$$X_C = 106.1 \text{ ohms}$$

Где ohms – Ом.

Шаг 2: Вычислить сопротивление. Помните, что это комплексное сопротивление, поэтому оно может быть представлено векторами, как показано на рисунке 5.18.

$$\begin{aligned} Z^2 &= R^2 + (X_L - X_C)^2 \\ Z^2 &= 75^2 + (28.26 - 106.12)^2 \\ Z^2 &= 5,625 + (-77.9)^2 \\ Z^2 &= 5,625 + 6067.96 \\ Z &= \sqrt{11692.96} \\ Z &= 108.13 \text{ ohms} \end{aligned}$$

Пример 5к

Рассчитать фазовый угол в приведенном выше примере. Ответ:

Шаг 1: Сумма векторов индуктивное сопротивление и емкостное реактивное сопротивление, как показано на рис. 5.21.

$$\text{Сопротивление} = 106.12 - 28.26 \text{ Ом} = 77.86 \text{ Ом}$$

Поскольку величина емкостного реактивного сопротивления больше величины индуктивного реактивного сопротивления, нагрузка является более емкостной.

Шаг 2: Векторно суммируйте емкостное реактивное сопротивление и сопротивление, как показано на рисунке 5.22.

Теперь, когда мы видим зависимость между фазовым углом, емкостным реактивным сопротивлением и сопротивлением, как показано на рис.5.21, мы можем использовать формулу для тангенсов для вычисления фазового угла.

$$\tan\theta = \text{Противоположная сторона} \div \text{Соседняя сторона} = 77.86 \div 75$$

(Примечание: если тангенс угла θ равна x , тогда арктангенс или равенства $\arctg X$ является θ .)

$$\theta = \arctan (1,038)$$

$$\theta = 46^\circ$$

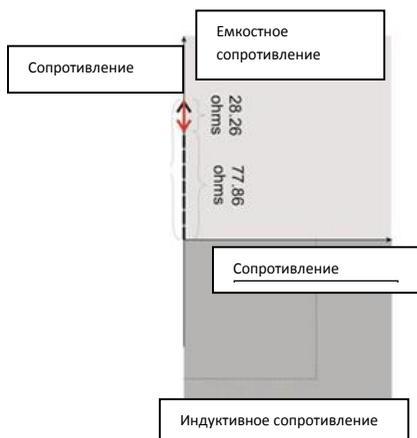


Рисунок 5.21

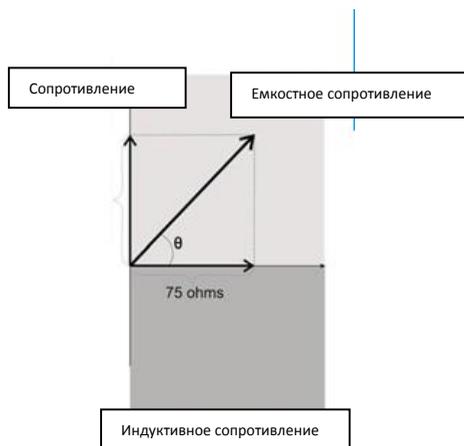


Рисунок 5.22

НЕЛИНЕЙНЫЕ НАГРУЗКИ

Идеальная форма волны напряжения переменного тока-синусоида. Источник питания, будь то утилита, портативный генератор энергии или другой источник, должен подавать неискаженное напряжение синусоидальной волны. Большинство общего назначения делают очень хорошую работу этого и искажение напряжения тока очень низко. Однако, некоторые нагрузки изменяют форму волны в пути они рисуют течение. Если, например, устройство имеет источник питания, который потребляет ток в импульсах, например, светодиодный или импульсный источник питания, то текущая форма волны будет не синусоидой, а какой-то другой формой волны. Любая нагрузка, которая изменяет форму волны, известна как " нелинейная нагрузка."

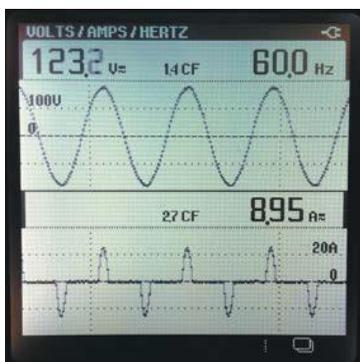


Рисунок 5.23

Верхняя форма волны напряжение тока; нижняя форма волны течение. Это устройство потребляет ток в импульсах, изменяя форму сигнала тока в процессе, что делает это нелинейной нагрузкой.

Примеры нелинейных нагрузок включают большинство светодиодных светильников, все, что имеет импульсный источник питания, например компьютеры, консоли, цифровые усилители и видеопроекторы, а также лампы накаливания, подключенные к фазоуправляемым диммерам. Нелинейные нагрузки в системах переменного тока создают токовые волны, которые не являются одиночными синусоидами. Любая форма волны, которая не является синусоидой, является сложной формой волны, а сложные формы волны содержат гармоники.

ГАРМОНИЧЕСКАЯ ВОЛНА

Подобно тому, как атомы являются строительными блоками Вселенной, синусоиды являются строительными блоками всех других форм волн. Если мы возьмем серию синусоид с разными частотами и амплитудами и сложим их вместе, мы получим другую форму волны, которая полностью отличается от синусоиды. Это синтез волновой формы. Если бы мы были достаточно умны, мы могли бы тщательно выбирать правильные частоты и амплитуды, чтобы создать любую форму волны, которую мы хотели построить.

Точно так же мы могли бы взять любую другую форму волны, такую как прямоугольная волна, зубчатая волна или любая случайная повторяющаяся форма волны, и деконструировать ее в серию синусоидальных частот, которые являются целыми числами, кратными исходной частоте. Исходная частота называется "основной" частотой, а целые числа, кратные этой частоте, называются "гармониками". Например, если основная частота 50 Гц, вторая гармоника 100 Гц, третья-150 Гц, и так далее.

В качестве иллюстрации мы можем добавить серию сухожилий в электронную таблицу и построить результаты. Для краткости добавим только первые три синусоиды в ряд нечетных гармоник, каждая с амплитудой, равной половине предыдущей. На рисунке 5.24 показаны результаты, взятые из диаграммы Excel, в которой были суммированы эти три синусоиды в серии. В результате получается сложная форма волны, приближающаяся к форме прямоугольной волны.



Рисунок 5.24

Сложная форма волны, показанная справа, была создана путем добавления чистых синусоидальных волн, которые являются нечетными кратными основной частоты с половиной амплитуды предыдущей гармоники. Если бы мы добавили больше синусоидальных волн в ряд нечетных кратных и уменьшающейся амплитуды, результирующая форма волны была бы более похожа на квадратную волну.

Так же, как синусоидальные волны могут быть добавлены вместе, чтобы создать сложные формы волны, каждая сложная форма волны может быть разбита на ряд чистых синусоидальных волн. Единственная форма волны, которая не имеет гармоник, - это чистая синусоидальная волна. Разложение сложной формы волны называется Фурье-анализом, в честь математика Жозефа Фурье, который открыл этот принцип.

ГАРМОНИКИ ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА

Причина, по которой гармонические колебания важны для нас, заключается в том, что они могут способствовать перегрузке нейтрального проводника в трехфазной системе, чрезмерному падению напряжения и чрезмерному нагреву, что приводит к преждевременному износу оборудования распределения электроэнергии. Нелинейные нагрузки притягивают ток таким образом, что создают сложные формы волны и генерируют гармоники, а в трехфазной системе все фазные токи, включая гармоники, суммируются в нейтральном проводнике.

Когда токи трех фаз объединяют в нейтральном проводнике, фундаментальные частоты компенсируют друг друга, поскольку они составляют 120° по фазе друг с другом (см. рис. 5.26 ниже). Гармоники второго порядка в два раза чаще основной, а когда частота удваивается, то и фазовый угол между ними. В результате гармоники второго порядка не совпадают по фазе друг с другом на 240° . Они также отменяют друг друга из-за их фазового соотношения (см. Рисунок 5.27 ниже). Гармоники третьего порядка в три раза чаще основной и 360° не в фазе друг с другом, что то же самое, что 0° градусов не в фазе, или полностью в фазе друг с другом. Когда они объединяются в нейтрали, они находятся в фазе и усиливают друг друга, вызывая большие токи (см. Рисунок 5.28 ниже).

Если форма волны тока имеет большое искажение, а трехфазные токи несбалансированы (то есть неравномерны), то ток в нейтральном проводнике может превышать ток любого из фазных проводников. Это означает, что если один из фазных проводников на токовые нагрузки или максимальной токнесущей способности, то нейтральный проводник может быть перегружен, что может привести к разьему или изоляция портиться или расплава. Все фазные проводники имеют защиту от перегрузки по току, но нейтральный проводник-нет. Это потому, что нейтральный проводник связан с заземляющим или заземляющим электродом, и это то, что обеспечивает ссылку на 0 вольт. Если эта связь потеряна, то напряжение, приложенное к нагрузке, будет нестабильным, и это может вызвать другие проблемы.

Потому что нейтральный проводник можно перегрузить в некоторых ситуациях, он часто слишком большой или двойные нейтрали бегутся. В этих случаях вся нейтральная система должна быть увеличена или удвоена, включая шины и клеммы, и должно быть больше места для рассеивания добавленного тепла от гармонических токов. Даже если нейтраль слишком велика или удвоена, гармоники третьего порядка могут вызвать помехи, чрезмерное падение напряжения, и это может способствовать перегреву трансформаторов.

Если трехфазная система сильно нагружена нелинейными нагрузками, рекомендуется контролировать нейтральный провод во время работы системы. Вы должны знать, допустимая токовая нагрузка нулевого проводника, который может быть найден в таблицы допустимой токовой нагрузки, и вы должны использовать истинные метр среднеквадратического значения для измерения тока. Средний метр чтения измерит основную частоту, но не гармонические токи, поэтому он произведет ложные чтения в этом случае. Вы также можете использовать инфракрасный (ИК) термометр для контроля температуры нейтрального проводника.

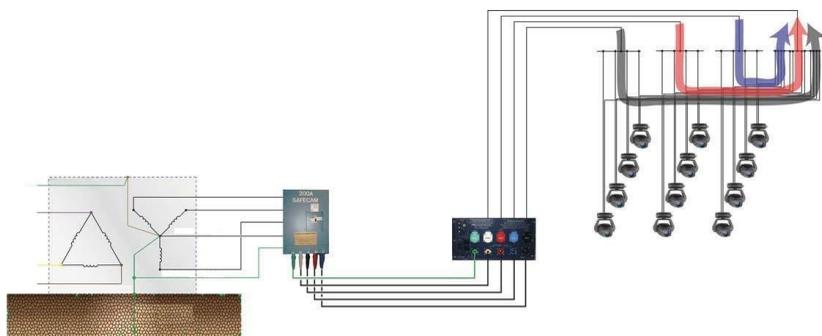


Рисунок 5.25

В трехфазной системе, все трехфазные течения возвращают к поставке через нейтральный проводник. На схеме фидерный трансформатор слева подает питание на портативный распределитель питания через коммутатор компании. Черные, синие и красные стрелки обозначают фазные токи, возвращающиеся к источнику питания через нейтральный проводник.

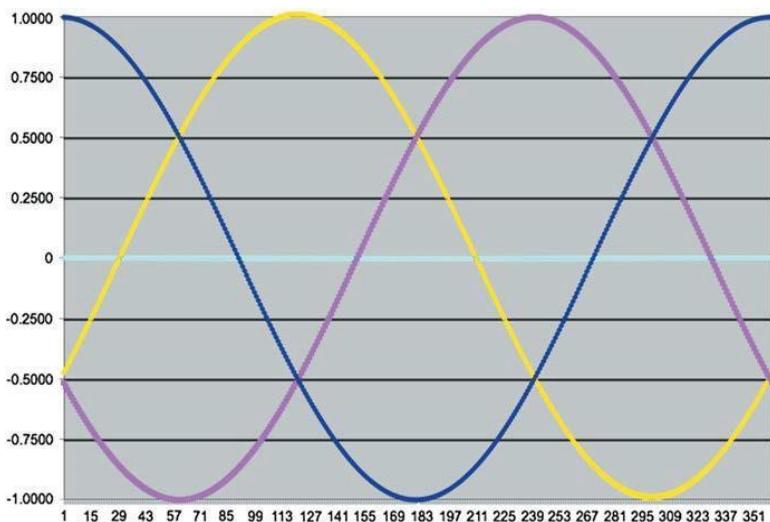


Рисунок 5.26

В сбалансированной трехфазной системе фазные токи суммируются в нейтральном проводнике. Основные частоты компенсируют друг друга, если они являются чистыми синусоидами. На этой диаграмме показаны фундаменты, которые находятся на 120° не в фазе друг с другом и суммируются до нуля.

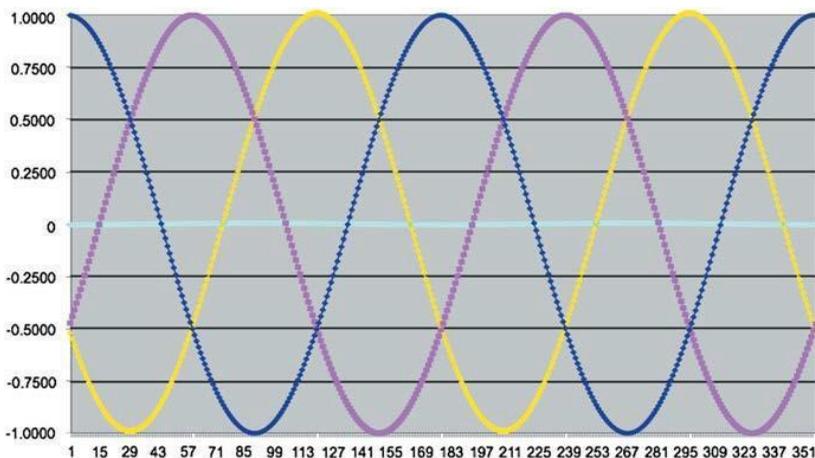


Рисунок 5.27

Вторичные гармоники (дважды основная частота) 240° из участка друг с другом и отменяют в нейтральном проводнике.

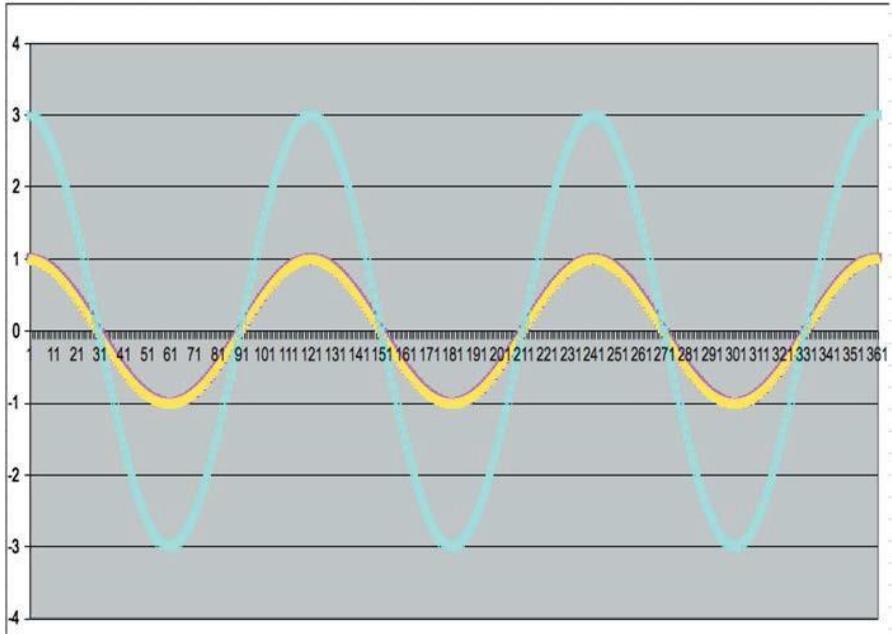


Рисунок 5.28

Третьей гармоник (в три раза больше основной частоты) в фазе друг с другом. Когда они суммируются в нейтральном проводнике, они усиливают друг друга.



Рисунок 5.29

Нейтральный проводник (с белой лентой) является единственным нормально токоведущим проводником, который не имеет защиты от перегрузки по току. Если форма волны тока искажена и трехфазная система несбалансирована, то нейтральный проводник может быть перегружен.

ТРИПЛЕНС

Сколько гармоник в сложной форме волны? Это зависит от того, насколько она искажена. Чем больше искажений, тем выше содержание гармоник. Инженеры относятся к основной частоте, второй гармонике, третьей гармонике, четвертой и т. д. вплоть до n -й гармоники. Каждая третья гармоника называется тройной N или тройной. В реальной жизни искаженные осциллограммы не имеют четных гармоник, поэтому на практике триплены представляют собой кратные нечетные числа третьей гармоники.

ПОНИМАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

5.1 Многожильный кабель имеет разъем с сопротивлением $0,25$ ом на полюс (полюс-это клемма, к которой подключен токопроводящий проводник), и каждый проводник имеет сопротивление $0,625$ ом. Если цепь имеет два проводника (живой и нейтральный), каково полное сопротивление цепи с одной нагрузкой, подключенной к ней?

5.2 Если два кабеля, описанные выше в 5.1, подключены к одному источнику питания, и две нагрузки, по одной подключенной к каждому кабелю, каково эквивалентное сопротивление всей цепи?

5.3 Каково эквивалентное сопротивление резисторных сетей, показанных ниже?

(a)

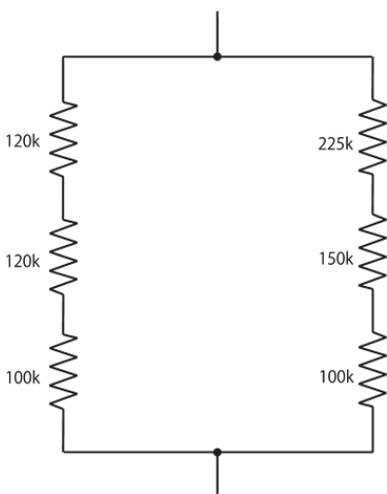


Рисунок 5.30

(в)

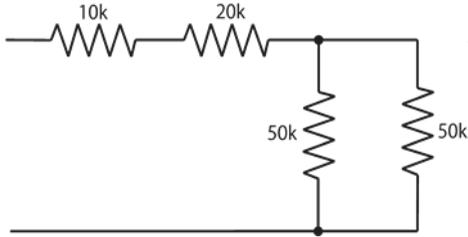


Рисунок 5.31

(с)

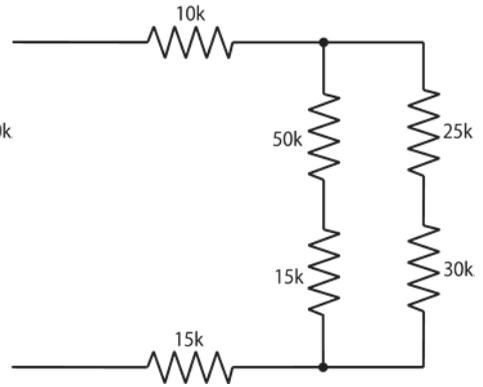


Рисунок 5.32

(д)

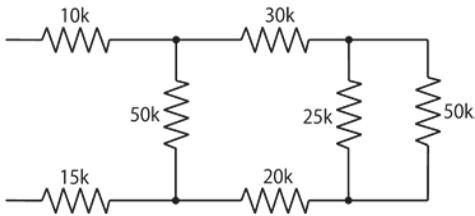


Рисунок 5.33

5.4 Найти общее значение сопротивления в цепи:

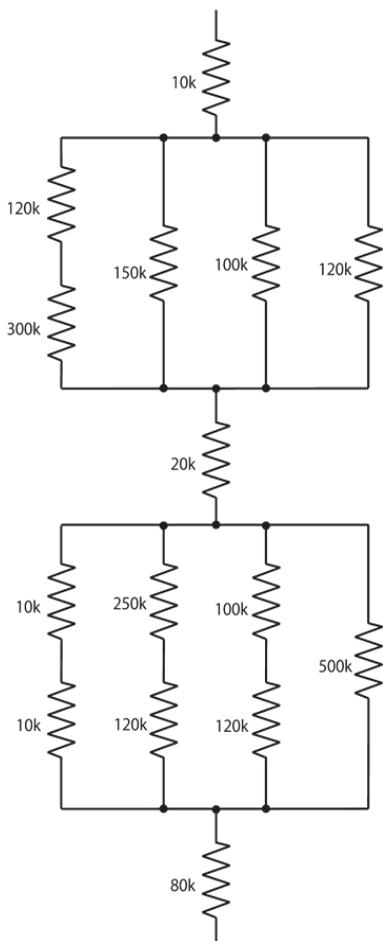


Рисунок 5.34

5.5 Если 20-метровый пробег 4-миллиметрового кабеля имеет характерное сопротивление 0,011 ом на метр, сколько тока будет производить 6,6 вольт падение?

5.6 Если 1,5-миллиметровый кабель имеет сопротивление 0,029 ом на метр, какова самая предельная длина, которую можно запустить, если максимально допустимое падение напряжения составляет 9,2 вольт, а ток-16 ампер?

5.7 Каково падение напряжения на 40-метровой длине 6-миллиметрового кабеля, несущего 45 ампер, если сопротивление кабеля составляет 0,0073 ом на метр?

5.8 Если провод авг #12 бежится 250 футов к нагрузке и другим 250 футам от нагрузки назад к панели распределения силы, то что полное сопротивление всей цепи если сопротивление 5.20864 Ома в 1000 метров?

5.9 Предположим, что цепь в приведенном выше примере замкнута на 20-амперный автоматический выключатель на 120-вольтовом сетевом источнике питания. Каково максимальное падение напряжения на проводниках, которое можно ожидать, если цепь загружена на полную мощность? Нарисуйте эквивалентную схему, показывающую источник питания, сопротивление провода и нагрузку?

5.10 Если лампа рассчитана на 1000 Вт при 120 вольт, каково сопротивление нити накала при этом напряжении?

5.11 Лампа 1000 ватт, 120 вольт (как в 5.10 выше) подключена к 350 футам провода AWG 2 проводника #12 (350 футов к лампе и 350 футов назад к поставке). Нарисуйте эквивалентную схему, показывающую эквивалентное сопротивление проводников и лампы.

5.12 В 5.11 выше, если напряжение питания составляет 120 вольт, каково приложенное напряжение на лампе?

5.13 Предположим, у нас есть 15-амперный источник питания 230 В переменного тока, и мы хотим не более 4% падения напряжения на нагрузке. Если мы используем 1,5-миллиметровый кабель с сопротивлением 0,029 ом на метр, какова максимально допустимая длина пробега?

5.14 Сопротивление - это комбинация и .

5.15 Отношение магнитного потока к току называется .

5.16 Соотношение ток/напряжение называется емкостью.

5.17 Опишите, почему индуктор противостоит потоку переменного тока.

5.18 Каково индуктивное сопротивление нагрузки с индуктивностью 250 мил / ч при частоте 60 Гц?

5.19 Если 750-миллиметровый индуктор подключен к источнику питания 120 В с частотой 60 Гц, какой ток будет проходить через него?

5.20 Для постоянного тока конденсатор выступает в качестве.

5.21 Что такое емкостном сопротивлении нагрузки с 750-микрофард конденсатора, если частота 50 Гц?

5.22 В индукторе, ведет .

5.23 Комплексное число-это число, которое имеет .

5.24 В цепи 60 Гц нагрузка имеет сопротивление 150 Ом, индуктивность 150 миллигенри и емкость 250 микрофард. Какова величина импеданса?

5.25 Что такое фазовый угол импеданса в 5.24 выше?

Сеть переменного тока

“Однажды днем, который на всегда остался в моей памяти, я наслаждался прогулкой с другом в городском парке и читал стихи. В том возрасте я знал целые книги наизусть, слово в слово. Одним из них был Фауст Гете. Солнце только садилось и напомнило мне о славном переходе:

Свечение отступает, настал день тяжкого труда; Он спешит, исследует новые области жизни; Ах, что ни одно крыло не может поднять меня с земли. На своем пути, чтобы следовать, следуй за парением!

Когда я произнес эти вдохновляющие слова, идея вспыхнула, как молния, и в одно мгновение истина открылась. Я нарисовал палкой на песке схему, показанную шесть лет спустя в моем выступлении перед Американским институтом электротехники. Инженеры и мой спутник прекрасно их понимали. Образы, которые я видел, были удивительно четкими и ясными и имели твердость металла и камня, так много поэтому я сказал ему: "Посмотри на мой мотор, смотри, как я его разворачиваю.

- Я не могу описать свои эмоции. Пигмалион, видя, как оживает его статуя, был глубоко тронут.”

Никола Тесла, как цитируется в автобиографии Николы Теслы

Переменный ток-забавная штука. Ток проносится по цепи в одном направлении, а затем обратно в другом направлении 50 или 60 раз в секунду. В некотором смысле это расширяет правдоподобие аналогии электричества и воды, потому что трудно представить себе воду, идущую взад и вперед по трубе десятки раз в секунду. Но если мы игнорируем физику переменного тока воды, то мы все еще можем думать о резисторе как ограничителе потока, конденсаторе как резервуаре для хранения воды и индукторе как лопастном колесе. Все эти три элемента цепи ведут себя по - разному и вызывают различное поведение переменного тока.

Когда напряжение тока приложено к резистору, течение начинает пропустить немедленно. По мере роста напряжения растет и ток. Когда падает напряжение, падает и ток. Независимо от того, как быстро напряжения в систему переменного тока меняет полярность, ток идет в точности, как показано на рисунке 6.1.

Но с индуктором, происходит что-то другое. Когда напряжение тока приложено, магнитное поле растет вокруг и внутри катушки провода по мере того как течение начинает к

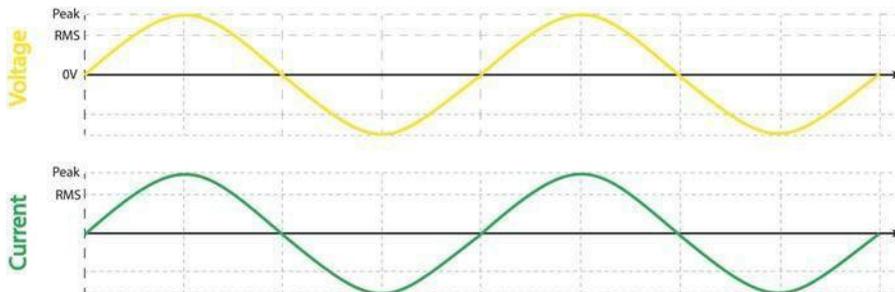


Рисунок 6.1

В резистивной нагрузке, когда напряжение повышается, ток повышается. Когда падает напряжение, падает и ток.

поток. Когда полярность меняется, требуется время, чтобы магнитное поле разрушилось. Пока это не происходит, его ориентация противодействует изменению направления потока тока в индуктивности. Таким образом, ток отстает от напряжения на количество времени, которое требуется магнитному полю, чтобы сжаться после изменения полярности напряжения. Когда напряжение повышается, ток повышается через короткое время. Когда напряжение падает, ток падает вскоре после этого.

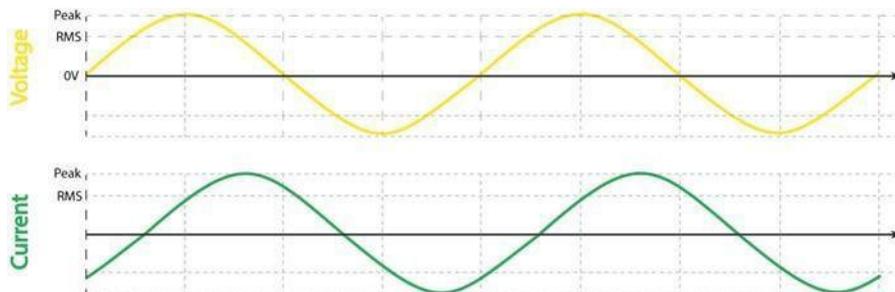


Рисунок 6.2

В индуктивной нагрузке ток отстает от напряжения. Обратите внимание, что в текущей форме волны (внизу) новый цикл начинается после того, как цикл напряжения уже начался, поэтому ток отстает от напряжения.

Конденсаторы ведут себя противоположно индукторам. Когда напряжение подается на конденсатор, первое, что происходит, это то, что свободные электроны движутся к обкладке конденсатора противоположной полярности (потому что противоположности притягиваются). Эти движущиеся электроны

представляют собой поток тока. Поскольку требуется время, чтобы достаточное количество заряженных электронов собралось на пластине для создания напряжения, напряжение отстает от тока.

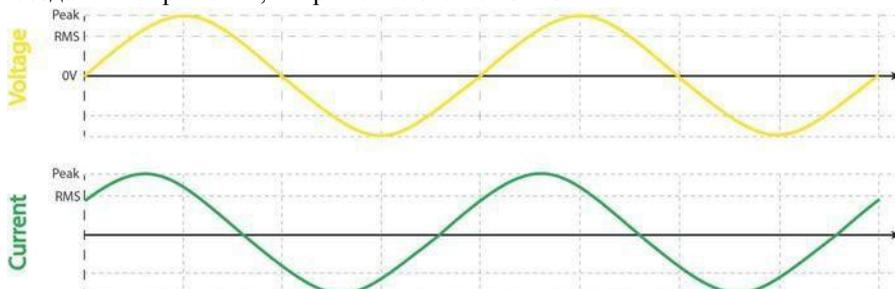


Рисунок 6.3

В емкостной нагрузке ток приводит к возрастанию напряжения. Обратите внимание, что в текущей форме волны (bot - tom) новый цикл уже начался до начала цикла напряжения, поэтому ток опережает напряжение.

Такое поведение влияет на величину тока, протекающего в цепи с реактивной (индуктивной или емкостной) нагрузки, как мы скоро увидим.

ФАЗОВЫЙ УГОЛ

В реактивных нагрузках сигналы напряжения и тока разделяются во времени, но разница между ними, которая называется “фазовым углом”, измеряется в градусах, а не во времени. Есть 360° в одном цикле синусоидальной волны и, глядя на положение формы волны тока относительно формы волны напряжения, мы можем легко измерить число градусов запаздывания или времени выполнения. Измерение фазового угла не зависит от частоты системы. Например, положительный пик синусоиды возникает при 90° независимо от того, является ли частота 50 или 60 герц, или 60 кГц (килогерц).

Фазовый угол измеряется от начала нового цикла формы волны тока до начала нового цикла формы волны напряжения. Если текущий сигнал начинается до сигнала напряжения, ток, как говорят, опережает напряжение, и если он начинается после сигнала напряжения, он отстает от напряжения.

Фазовый угол между напряжением и током изменяется в зависимости от реактивной цепи. В чисто резистивной нагрузке нет реактивного сопротивления, поэтому напряжение и ток находятся в фазе друг с другом и фазовый угол равен

0° . В чисто реактивном-

нагрузка тиве (отсутствие сопротивления), фазовый угол 90° . Фазовый угол никогда не может быть больше чем 90° из-за циклической природы волн. Когда напряжение тока и течение отделены больше чем 90° , тогда пик одной формы волны начинает получать ближе к пику другой формы волны, которая

имеет влияние понижать участок угол. Так 90° максимальный фазовый угол между напряжением тока и течением.

В реальной жизни нет такой вещи, как чисто реактивная нагрузка, потому что нет такой вещи, как идеальный проводник. Каждый проводник имеет некоторое сопротивление, даже небольшое. Другие компоненты, такие как разъемы, также вносят небольшой вклад в сопротивление. Общее сопротивление может быть очень маленьким, но этого достаточно, чтобы фазовый угол не достигал 90° .

Фазовые соотношения между напряжением и током в индукторе и конденсаторе можно легче запомнить с помощью фразы “Илай Айсмен.” Внешние световые помехи является мнемоническим для напряжения (или электродвижущей силы (ЭДС), ведущего тока (I) в индукторе (L). Лед является мнемоническим для тока (I), ведущего напряжение (электродвижущая сила - ЭДС) в конденсаторе (C).

МОЩНОСТЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА В СРАВНЕНИИ С МОЩНОСТЬЮ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

В системе постоянного тока, мощность – это просто произведение напряжения и тока.

$$\text{DC power (watts)} = \text{Voltage (volts)} \times \text{Current (amps)}$$

В системе переменного тока мощность в любой момент времени (мгновенная мощность) также является продуктом напряжения и тока. Но если напряжение и ток не в фазе друг с другом, то мощность за полный цикл может меняться совсем немного.

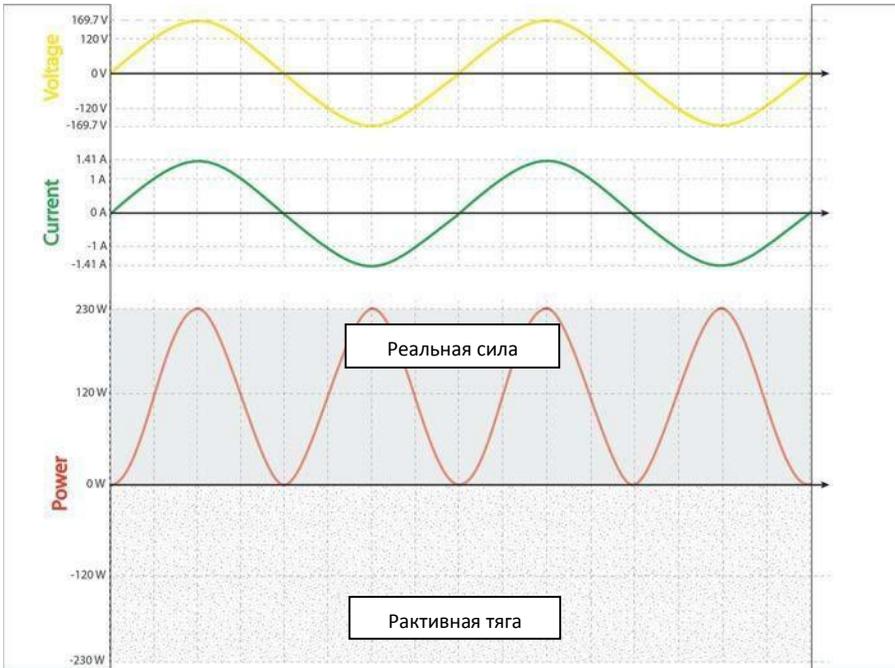


Рисунок 6.4

Напряжение, ток и мощность в чисто резонансной цепи. Кривая мощности строилась путем умножения мгновенного напряжения и мгновенного тока. Обратите внимание, что кривая мощности лежит полностью выше 0 Вт линия.

Рисунок 6.4 выше показывает график напряжения, тока и мощности в чисто резистивной цепи, поэтому напряжение и ток находятся в фазе друг с другом и фазовый угол равен 0°. Обратите внимание, что кривая мощности, которая была создана путем умножения напряжения и тока в каждый момент времени, полностью лежит в положительной половине графика мощности.

Теперь взгляните на рис. 6.5. Напряжение и ток находятся на 90° вне фазы друг с другом (как в нашей теоретической чисто реактивной нагрузке, где фазовый угол составляет 90°). Теперь, когда мы умножаем напряжение и ток в каждой точке вдоль кривой

для построения кривой мощности половина ее лежит в положительной части графика, а половина — в отрицательной. Отрицательная половина точно отменяет положительную половину, и в результате реальная используемая мощность составляет 0 Вт.

На графике показано, что когда напряжение и ток на 90° не совпадают по фазе друг с другом, даже если ток протекает, мощность не передается нагрузке. Это из-за того, что называется “фактором силы”. Посмотрим, как коэффициент мощности связан с фазовым углом в момент.

КОМПЛЕКСНАЯ МОЩНОСТЬ

Когда напряжение тока и течение 90° из участка друг с другом, тогда сила над полным циклом усредняет до 0 ватт. Поскольку поток тока представляет собой силу, а сила со временем-это энергия, вы можете задаться вопросом, что происходит с энергией в этой ситуации. В конце концов, если нет энергии, потребляемой нагрузкой, то она должна куда-то идти.

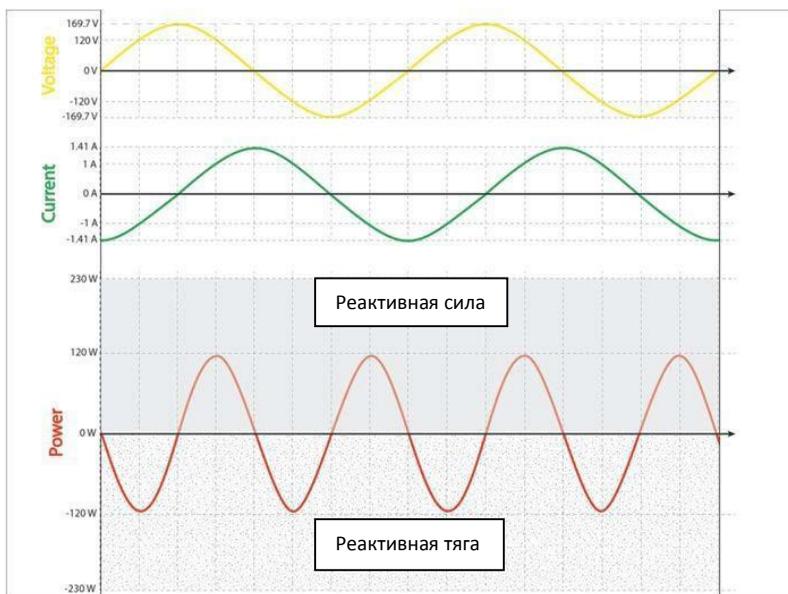


Рисунок 6.5

На этой иллюстрации напряжение и ток на 90° не совпадают по фазе друг с другом. Заметить это половина кривой мощности положительна, а половина отрицательна. Средняя мощность за период времени составляет 0 Вт, поэтому используется 0 Вт реальной мощности.

Оказывается, когда фазовый угол между напряжением и током большой, то энергия течет туда-сюда между источником питания и нагрузкой. Энергия сначала течет к нагрузке, но она временно хранится либо в магнитном поле, если это индуктивная нагрузка, либо в электростатическом поле, если это емкостная нагрузка. Эта энергия впоследствии возвращается к источнику за вычетом потерь из-за недостаточности, когда напряжение или ток меняет полярность и магнитное поле разрушается или электростатическое поле разряжается. В результате чистая передаваемая мощность равна нулю или близка к нулю.

Мощность, которая перемещается между источником питания и нагрузкой, называется “реактивной мощностью” и измеряется в Вольт-амперах реактивной или киловольт-амперах реактивной. Он не работает, и поэтому иногда упоминается как “безводная сила”. Причина, по которой это важно для нас, заключается в том, что реактивная мощность по-прежнему требует потока тока, что добавляет к нашим требованиям к мощности.

Мощность, потребляемая нагрузкой, называется "реальной мощностью" и измеряется в ваттах, киловаттах или мегаваттах. Это сила, которая используется для производства света, тепла, звука или для перемещения объектов. Реактивная мощность и реальная мощность имеют как магнитуду, так и фазовый угол, поэтому при объединении они складываются как векторы. Фазовый угол реальной мощности всегда 0° (напряжение и ток всегда в фазе), и фазовый угол реактивной мощности всегда 90° для емкостных нагрузок и -90° для индуктивных нагрузок. Векторная сумма реальной мощности и реактивной мощности является “кажущейся мощностью”, как показано выше.

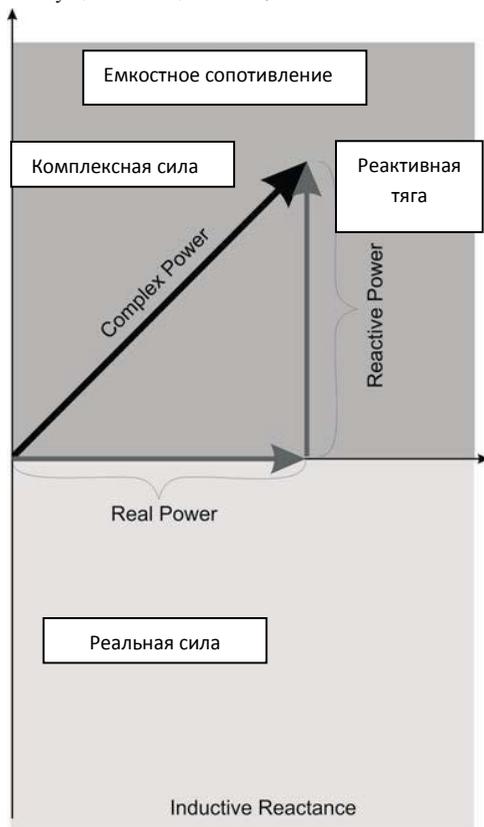


Рисунок 6.6

Кажущаяся мощность—это векторная сумма реальной мощности и реактивной мощности. Обратите внимание, что фазовый угол реальной мощности всегда равен 0° , а фазовый угол реактивной мощности всегда равен 90° для индуктивных нагрузок или -90° для емкостных нагрузок.

Векторная сумма реальной мощности и реактивной мощности является кажущейся мощностью и измеряется в Вольт - амперах или киловольт-амперах. Это то, что определяет наши текущие требования, потому что источник питания должен обеспечивать достаточный ток как для реальной мощности, так и для реактивной мощности. Легко рассчитать кажущуюся мощность, потому что это просто произведение напряжения и тока ($VA = \text{вольт} \times \text{ампер}$).

Поскольку кажущаяся мощность, реальная мощность и реактивная мощность образуют прямоугольный треугольник, они связаны теоремой Пифагора:

$$\text{Кажущаяся сила}^2 = \text{Реальная сила}^2 + \text{Реактивная тяга}^2$$

Пример 6а

Предположим, мы измеряем 230В переменного тока и 10,5 ампер в цепи. Какова кажущаяся сила?

Ответ:

$$\text{Кажущаяся сила} = V \times I = 230 \text{ В} \times 10.5 \text{ А} = 2415 \text{ Вт}$$

КОЭФФИЦИЕНТ МОЩНОСТИ

Для чисто активной нагрузки, напряжение тока и течение в участке друг с другом и фазовый угол 0° . Но чем реактивнее нагрузка, тем больше фазовый угол между напряжением и током. Фазовый угол может варьироваться от 0° до 90° , в зависимости от реактивного сопротивления. И теперь мы знаем, что когда фазовый угол равен 0° , мощность рассчитывается одинаково, будь то система переменного тока или система постоянного тока. Но когда фазовый угол между напряжением и током составляет 90° , реальная мощность составляет 0 Вт. Это означает, что существует множитель, связанный с фазовым углом. Действительно, этот множитель является "силой фактор", и это Косинус фазового угла между напряжением и током.

Фактор силы = $\cosine \theta$, θ – фазовый угол между напряжением и током.

Если у вас есть калькулятор с функциями тригонометрии, то используйте его, чтобы найти Косинус 0° , и вы обнаружите, что это 1. Теперь используйте его, чтобы найти Косинус 90° и вы найдете это 0. Это подтверждает то, что мы уже узнали о фазовом угле и "множителе" для Формулы мощности; когда фазовый угол равен 0° , то мощность такая же, как и в цепи постоянного тока, и когда угол сдвига фаз составляет 90° , то реальная мощность-0 Вт, потому что коэффициент мощности — это 0.

ФОРМУЛА МОЩНОСТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Теперь, когда мы знаем о факторе мощности, мы должны изменить формулу мощности переменного тока, чтобы принять его во внимание. Новая формула для мощности импульса:

Факторсилы = $\cos \theta$, где θ – фазовый угол между напряжением и током.

Обратите внимание, что значение коэффициента мощности масштабирует потребляемую (реальную) мощность в диапазоне от 0 до 1 в зависимости от фазового угла между напряжением и током. Для данного количества тока, как коэффициент мощности падает, так и количество потребляемой мощности или реальной мощности. С другой стороны, при заданной реальной мощности ток возрастает по мере приближения фазового угла к 90° .

Фактор силы очень важная принципиальная схема в распределении силы. Если коэффициент мощности низкий, то для заданного количества мощности ток будет относительно высоким. И для этого потребуются больше возможностей текущей обработки, чем это действительно необходимо.

Что вызывает более низкий коэффициент мощности? Реактивное сопротивление в нагрузке приводит к снижению коэффициента мощности. Чем выше его реактивность, тем ниже коэффициент мощности. Примерами реактивных нагрузок являются двигатели, трансформаторы, магнитные балласты, конденсаторы, светодиодные светильники, импульсные источники питания, цифровые усилители, осветительные и аудиоконтроллеры и видеопроекторы.

ПОСЛЕДСТВИЯ НИЗКОГО КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ

Одним из наиболее важных критериев безопасного распределения мощности является правильная калибровка проводников и компонентов распределения мощности. Если они низкорослые, они могут перегреться и ухудшиться и, возможно, даже катастрофически потерпеть неудачу. Таким образом, схема с низким коэффициентом мощности, потребляющая больше тока, чем нужно, означает, что все в системе должно быть негабаритным, чтобы безопасно переносить дополнительный ток, необходимый для доставки того же количества энергии. Генератор или трансформатор, фидерные кабели, автоматические выключатели, разъемы и все остальное, через которое протекает ток, должны быть увеличены, чтобы справиться с увеличением тока. В добавлении, экстренные время и работа могут необходимы, что настроили систему распределения силы если она портативна.

Рисунок 6.7

Если проводники и компоненты проводят слишком много тока для своего размера, то они могут перегреться, испортиться или сгореть, как этот разъем Socorex.



Фактор силы можно измерить системное широкое или его можно измерить для одиночного прибора, как автоматизированный свет. Если он имеет низкий коэффициент мощности, то для получения такого же количества света потребуется больше тока. Это также потребует больших проводов, предохранителей, автоматических выключателей, трансформаторов, выключателей и источников питания, все из которых добавляет к размеру, весу и стоимости прибора. Для транспортировки потребуется больше топлива поскольку больший размер провода делает его тяжелее, дополнительный ток будет производить больше тепла, то есть он должен быть физически больше, чтобы позволить теплу рассеиваться, и для транспортировки потребуется больше места для грузовика и больше складских помещений для хранения.

Более низкий коэффициент мощности также способствует неэффективности, поскольку дополнительный ток, необходимый для подачи заданного количества энергии, заставляет проводники и компоненты нагреваться больше. Это тепло представляет собой энергию, которая обычно не может быть восстановлена.

КОРРЕКЦИЯ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ

Коммунальные компании обычно стимулируют крупных потребителей электроэнергии поддерживать свой коэффициент мощности на высоком уровне, потому что низкий коэффициент мощности предъявляет высокий спрос на их систему доставки и напрягает их ресурсы. Если нефтеперерабатывающий завод, например, имеет низкий коэффициент мощности из-за всех больших двигателей, которые они используют для перемещения продукта вокруг завода, то энергетическая компания должна поставлять больше тока, что означает, что они должны сжигать больше топлива, иметь большие трансформаторы, большие линии электропередачи и башни, большие распределительные устройства и больше труда для установки и обслуживания всего этого. Поэтому они обычно взимают "фактор спроса", потому что, хотя клиент не использует больше реальной мощности, им нужно больше тока.

Производители устройств, таких как осветительные приборы и источники питания с переключаемым режимом, также имеют стимул поддерживать высокий коэффициент мощности, потому что маломощный фактор требует больших и более дорогостоящих компонентов, чем в противном случае им пришлось бы использовать. Но как они поддерживают высокий коэффициент мощности, если устройство, которое они строят, по своей сути реактивно? И как крупный потребитель электроэнергии, такой как нефтеперерабатывающий завод, может поддерживать свой коэффициент мощности на высоком уровне, даже если большинство их нагрузок являются высокореактивными? Ответ-коррекция коэффициента мощности.

Низкий коэффициент мощности в реактивных нагрузках может быть скорректирован путем добавления противоположного типа реактивного сопротивления; если это емкостная нагрузка, то это может быть коэффициент мощности, скорректированный путем добавления индуктивности, и если это

индуктивная нагрузка, это может быть коэффициент мощности, скорректированный путем добавления емкости.

Нагрузки, такие как трансформаторы, двигатели и балласты, являются индуктивными, и, добавляя емкость к цепи, они заставляют напряжение и ток возвращаться в фазу друг с другом. Если емкостное реактивное сопротивление точно равно индуктивному реактивному сопротивлению, то они полностью отменяются, и нагрузка становится чисто резистивной. В противном случае будет только частично скорректирован коэффициент мощности. Большинство автоматизированных светильников с магнитным балластным источником питания имеют конденсатор коррекции коэффициента мощности. По той же причине вы можете увидеть банки больших маслонаполненных конденсаторов на опорах электропередач или на электрических подстанциях, особенно в промышленных районах, потребляющих много энергии.

Нагрузки, такие как светодиоды, импульсные источники питания, цифровые консоли и видеопроекторы, являются емкостными и, добавляя индуктивность к цепи, заставляют напряжение и ток возвращаться в фазу друг с другом. Некоторые светодиодные светильники имеют поправку на коэффициент мощности, а некоторые нет. Из тех, которые не являются, коэффициент мощности, как правило, составляет около 0,5.

Самый низкий коэффициент мощности, с которым я когда-либо сталкивался, был 0.09!

Это было измерено в последовательности огней рождественской елки, и это вызывало много проблем. Это конкретное освещение система была приведена в действие портативным генератором энергии, и сильно реактивная нагрузка причиняла напряжение тока поднять к потенциально опасным уровням на генераторе, когда она была нагружена до больше чем 50% из своей емкости.

Необычно низкий коэффициент мощности был вызван конструкцией светодиодных светильников, каждый из которых имел два конденсатора, мостовой выпрямитель и светодиодный излучатель.

Несмотря на то, что каждый конденсатор был небольшим, при их умножении на сотни, как в этом случае, они могут нести достаточно заряда, а размер генератора относительно невелик по сравнению с электрической сетью.

Коэффициент мощности можно было бы исправить, добавив нужное количество индуктивности. Вместо этого было принято решение использовать в два раза больше генераторов, так что им не придется загружать их более чем на 50 %. Если бы проблема не была устранена, она, вероятно, уничтожила бы генераторы.

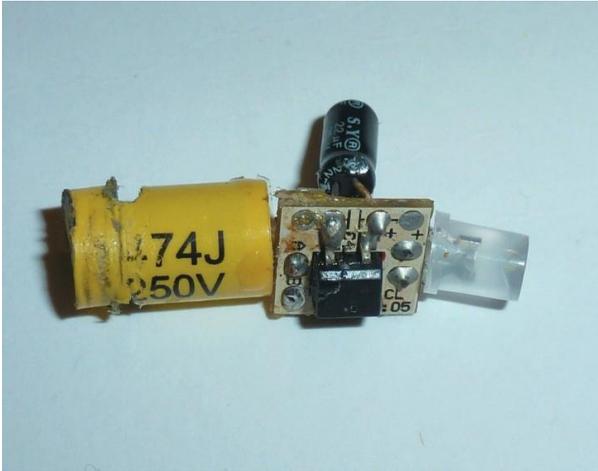


Рисунок 6.8

Светодиодный излучатель от цепочки рождественских огней. Единственными элементами схемы являются мостовой выпрямитель и два конденсатора.

Пример 6в

Если нагрузка потребляет 10,5 ампер при 230 В переменного тока с коэффициентом мощности 0,8, то какова реальная мощность и какова реактивная мощность?

Ответ:

$$\text{Сила (Вт)} = 230 \text{ В} \times 10,5 \text{ А} \times 0,8 = 1932 \text{ А}$$

$$\text{Кажущаяся сила} = 230 \text{ В} \times 10,5 \text{ А} = 2,415 \text{ А}$$

Из рис. 6.6 мы видим, что кажущаяся мощность, реальная мощность и реактивная мощность образуют прямоугольный треугольник, поэтому мы можем использовать теорему Пифагора для решения для реактивной мощности.

$$\text{Кажущаяся сила}^2 = \text{Реальная силы}^2 + \text{Реактивная тяга}^2$$

$$2,415^2 = 1,932^2 + \text{Реактивная тяга}^2$$

$$\text{Реактивная тяга}^2 = 5,832,225 - 3,732,624$$

Реактивная тяга =

$$\sqrt{(2,099,601)}$$

$$\text{Реактивная тяга} = 1,449 \text{ 7 VAR}$$

Трёхфазная мощность

В конце 1800-х годов было только два основных применения электричества: Свет и двигатели. Но до многофазного питания не было двигателей, которые могли бы работать на переменном токе. Вращающий момент в моторе произведен прикладным напряжением, и когда однофазное напряжение тока переменного тока приложено к мотору, оно остановило бы когда напряжение тока прошло через 0 В. Только позже были изобретены двигатели с затененными полюсами, которые могли работать от однофазного напряжения.

Никола Тесла запатентовал конструкцию многофазного двигателя переменного тока, а Джордж Вестингауз популяризировал ее, купив патент и выпустив трехфазные двигатели

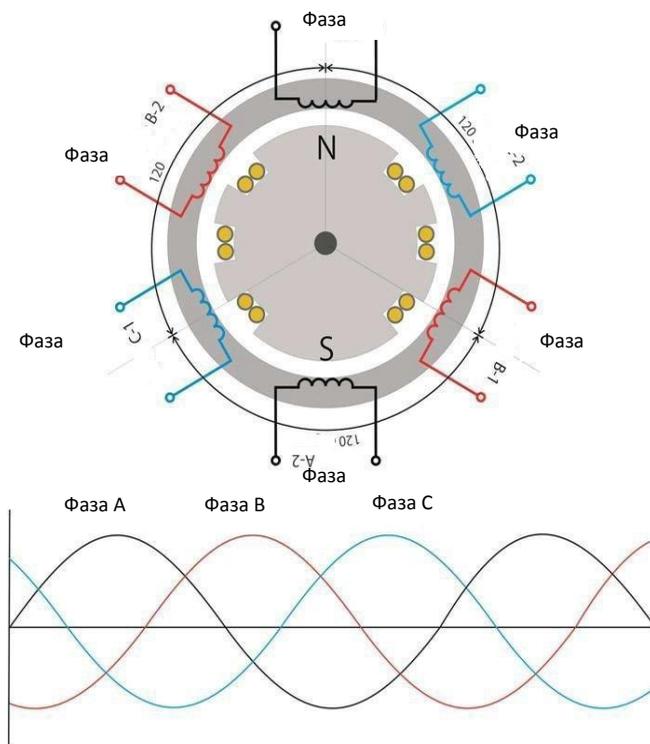


Рисунок 6.9

Двухполюсный трехфазный генератор, содержащий три пары обмоток, расположенных на расстоянии 120° друг от друга друг с другом. Каждая пара обмотки могут быть соединены параллельно и противоположно по полярности так, что напряжения усиливают друг друга.

и трансформеры. Сегодня трехфазное питание является нормой. Это дает нам универсальность в способе подключения нагрузок, требует меньше меди для передачи того же количества энергии, что и однофазная система, и идеально подходит для питания двигателей, потому что каждая из фаз достигает максимума в разное время, обеспечивая более равномерное распределение Распределенный крутящий момент. Подавляющее большинство энергии, которая генерируется для коммерческих приложений во всем мире сегодня распределяется с использованием многофазной передачи, и большая часть из них является трехфазной.

Как трехфазная сила произведена? Однофазный генератор имеет одну пару обмоток, которая выводит один сигнал напряжения. Если мы добавим еще два набора обмоток, каждая из которых ориентирована на 120° друг от друга, то каждая из обмоток генерирует свою собственную синусоиду напряжения при вращении ротора. Затем мы могли бы иметь три отдельных терминала, по одному для каждого из выходов напряжения, что дает нам три-сила участка.

ЧЕТЫРЕХПРОВОДНОЕ ПЛЮС ЗЕМНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЗВЕЗДЫ

Когда трехфазные системы использованы, они типично поставлены трехфазным трансформатором фидера или трехфазным портативным генератором энергии.

Так или иначе, выход трансформатора или генератора подключен таким образом, что имеется общая точка соединения, к которой подключены все три обмотки и нейтральный проводник. Это называется трехфазной четырехпроводной и заземляющей конфигурацией, также известной как конфигурация «звезда».

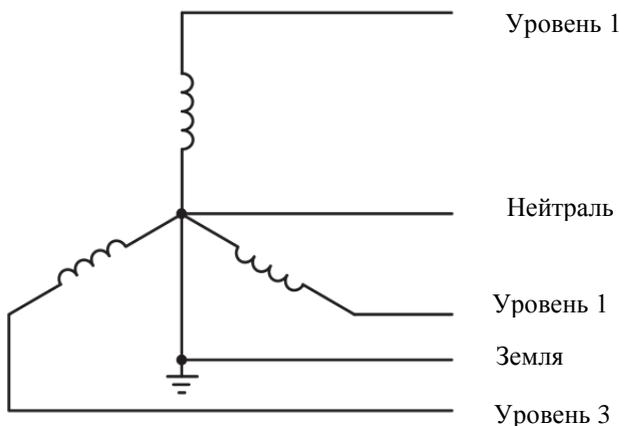


Рисунок 6.10

Соединение 120/208В, также известное как трехфазный четырехпроводный плюс заземление или заземление.

Нагрузка может быть подключена между двумя фазами или между фазным проводником и нейтралью, в зависимости от требований напряжения. Если подключить нагрузку между фазой А и фазы В, путь для тока I_1 создается за счет двух вторичных обмоток фазы А и в трансформатор, а через нагрузку, как показано на рис. 6.11.

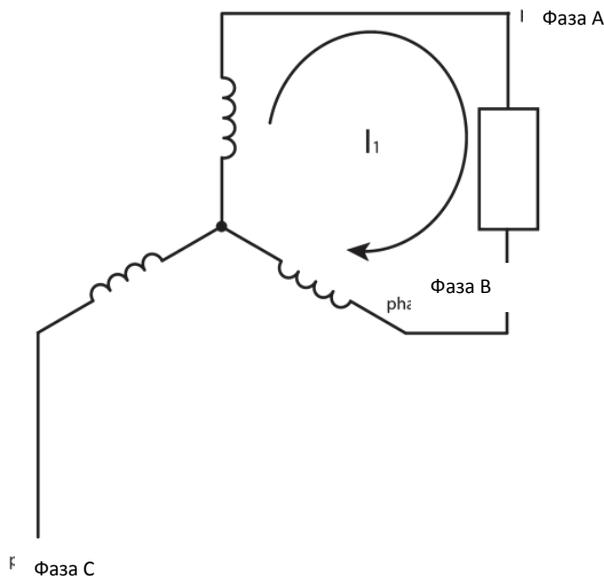


Рисунок 6.11

Когда нагрузка подключается от фазы к фазе, путь для тока создается через две вторичные обмотки фазы трансформатора и через нагрузку.

Если мы подключим другую нагрузку между фазой В и фазой С, как на рис.6.12, то путь для тока I_2 создается через две вторичные обмотки В и С трансформатора и через нагрузку. Обратите внимание, что два тока, I_1 и I_2 , объединяются в ноге с обмоткой В. Эта нога также является питающим кабелем, который питает обе нагрузки.

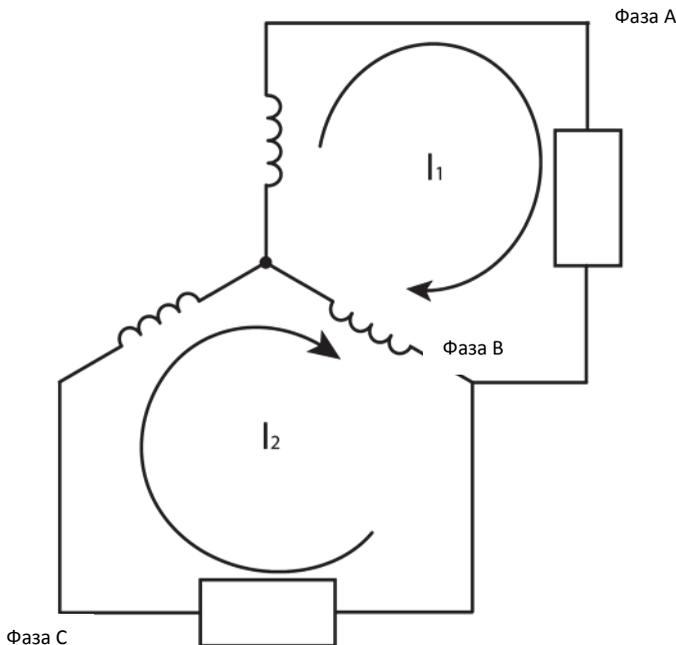


Рисунок 6.12

Когда две нагрузки соединены фаза в фазу, два тока, I_1 и I_2 , объединяются в общую ветвь, которая является одним из проводников фидера.

Помните, что два тока, I_1 и I_2 , находятся на 120° не в фазе друг с другом. Поэтому они не просто добавляют то, что вы могли бы подумать. Когда две формы волны не в фазе друг с другом, и вы хотите выяснить, как они сочетаются, один из самых простых способов сделать это-использовать векторы, потому что каждый ток имеет величину и фазовый угол.

Предположим, что токи I_1 и I_2 составляют 1 ампер каждый, и, конечно, они на 120° не в фазе друг с другом. На рисунке ниже показаны векторы I_1 (черный) и I_2 (красный) и результирующий ток при их объединении.

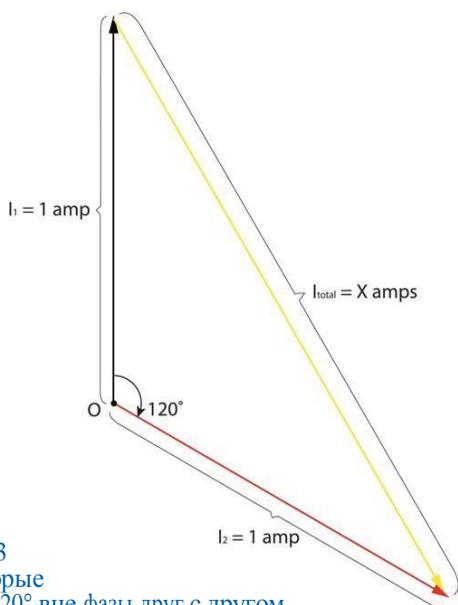


Рисунок 6.13

Два тока, которые находятся на 120° вне фазы друг с другом, объединены векторно.

I1-черный, I2- красный, а результирующий ток- желтый.

Мы можем решить для полного тока, I_{total} , разбив треугольник на два прямоугольных треугольника (прямоугольный треугольник-это один с углом 90°). Мы проведем линию от начала координат, O, до желтой линии, которая точно разрезает 120° пополам, образуя два прямоугольных треугольника с одним углом 60° , как показано на рисунке 6.14.

Сторона, противоположная углу 60° , равна ровно половине I общий, или $1/2 X$. Теперь мы можем использовать формулу тригонометрии, чтобы решить для X.

$$\sin 60^\circ = 1/2X \div I_1$$

синус 60° равен 0,866, а I1 равен 1, поэтому:

$$0.866 = 0.5X \div 1$$

Теперь, если мы умножим обе стороны на 2, мы получим:

$$2 \times 0.866 = 2 \times 0.5X$$

$$1.732 = X$$

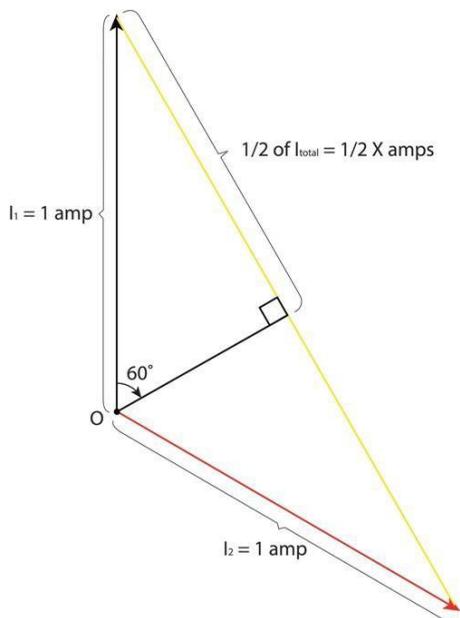


Рисунок 6.14

Рисуя линию от O до желтой линии, мы можем создать два прямоугольных треугольника и решить для X .

Это говорит о том, что в трехфазной системе, когда мы объединяем два тока одинаковой величины, так как они находятся вне фазы на

120° , тогда ток не удваивается, но он в 1,732 раза больше, чем любой из двух токов. Обратите внимание, что если бы мы просто добавили I_1 и I_2 , мы получили бы $2 \times I_1$ или $2 \times I_2$, 'то сбалансированная трехфазная система и $I_1 = I_2$. Но так как I_1 и I_2 находятся на 120° вне фазы друг с другом, общий ток в проводнике, несущем оба эти токи составляет всего $1,732 \times I_1$.

Имея это в виду, если мы добавим третью нагрузку между фазой C и A , то третий ток I_3 начнет циркулировать через две вторичные обмотки C и A и через нагрузку. Теперь все три питающих кабеля имеют два комбинированных тока, каждый из которых на 120° не в фазе друг с другом. Так в сбалансированной трехфазной нагрузке, течение пропуская через фидерные кабели фактор 1,732 раз течения участка в любых 3 ногах. Кстати, это число, 1,732, является квадратным корнем из

3. Проверьте это с помощью калькулятора.

ВЫЧИСЛЕНИЯ ТРЕХФАЗОВОГО ПИТАНИЯ

В сбалансированной трехфазной системе каждый из трех проводников несет векторную сумму двух токов. Таким образом, формула для расчета мощности в сбалансированной трехфазной системе должна быть скорректирована для компенсации следующим образом:

$$P_{3-\phi} \text{ (watts)} = V \text{ (volts)} \times I \text{ (amps)} \times PF \times \sqrt{3},$$

где КМ (коэффициент мощности) - Косинус фазового угла между напряжением и током.

Важно знать, что когда вы используете трехфазную формулу мощности, вы должны использовать напряжение между фазами, чтобы получить правильный ответ. С другой стороны, ваши расчеты не будут правильными.

В Северной Америке и других странах, использующих системы 120/208 В, можно использовать трехфазную формулу мощности для расчета текущих требований к большой системе, даже если для некоторых нагрузок требуется подключение 120

В, а для других-208 В. Просто сложите все мощности системы и используйте общую мощность и напряжение между фазами для расчета тока.

$$I = P_{3-\phi} \div V \div PF \div \sqrt{3}$$

Помните, что эта формула дает вам ток в каждой из трех ветвей в сбалансированной трехфазной системе, поэтому вам нужно умножить на три, чтобы получить общие текущие требования. Говоря электрическим языком, трехфазное питание обеспечивает втрое больший ток. Например, когда мы говорим, что место имеет 400-амперное трехфазное обслуживание, каждый из трехфазных проводников может подавать 400 ампер в общей сложности 1200 ампер.

Трехфазная формула силы работает для сбалансированной трехфазной системы. Если невозможно распределить нагрузку поровну между тремя фазами, то для расчета наших потребностей в электроэнергии мы можем использовать самую тяжелую нагрузку из трех фаз и умножить это значение на три для расчета наших текущих потребностей. Например, если у нас есть пять следующих точек, то мы получим две сбалансированные ноги и одну несбалансированную ногу. Предположим, что эти следующие точки составляют 3000 Вт каждая, что означает, что две фазы будут иметь 6000 Вт, а одна-3000 Вт. Если мы используем значение 6000 Вт для всех трех ножек, то мы можем рассчитать наши текущие потребности в накладных. Этот метод работает, потому что лучше переоценивать наши текущие требования, а не недооценивать их, и мы всегда используем распределительные кабели одинакового размера на всех трех ногах. Другими словами, вы никогда не увидите фидерный кабель с одним проводником 4/0, одним проводником 3/0 и одним проводником 2/0 или любым другим сочетанием размеров проводников.

Если мы будем осторожны при расчете наших текущих требований, то мы можем использовать либо трехфазную формулу мощности, либо однофазную формулу мощности, чтобы получить тот же ответ. Ключ в том, чтобы использовать правильное напряжение с правильной формулой. Трехфазная формула силы требует, чтобы мы использовали напряжение тока участк-к-участка пока однофазная формула силы требует, чтобы мы использовали формулу участк-к-нейтрали. Независимо от того, как нагрузки должны быть подключены—120 в (фаза к нейрону) или 208 в (фаза к фазе) - он работает. Попробовать его.

ПОНИМАНИЕ МОЩНОСТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

6.1 Что является более реактивным, нагрузка с фазовым углом 30° или нагрузка с фазовым углом 40° ?

6.2 Если ток ведет напряжение, является ли нагрузка более индуктивной или емкостной?

6.3 Если реальная мощность и кажущаяся мощность равны, что это говорит о реактивной мощности?

6.4 Если реактивная мощность и кажущаяся мощность равны, что это говорит о реальной мощности?

6.5 Табличка на трансформаторе говорит, что он рассчитан на 150 кВА. Если напряжение 240 В, сколько усилителей он может поставить?

6.6 Что такое коэффициент мощности, если фазовый угол между напряжением и током равен 50° ?

6.7 Возможно ли иметь коэффициент мощности больше 1? Почему или почему нет?

6.8 Почему фактор низкой мощности нежелателен?

6.9 Почему светильник с высоким коэффициентом мощности меньше и легче аналогичного светильника с низким коэффициентом мощности?

6.10 Как можно исправить фактор низкой мощности?

6.11 В сильно реактивной нагрузке, течение высоко но уничтоженная (реальная) сила низка. Если ток представляет собой поток энергии, что происходит с этой энергией? Куда она девается?

6.12 Что такое безводная сила?

6.13 Что такое реальная власть?

6.14 Что такое кажущаяся сила?

6.15 Если нагрузка тянет 13 ампер при 120 вольт, какова кажущаяся мощность?

6.16 Экран монитора питания имеет коэффициент мощности 0,93 и рисует 8,3 ампер на 220 вольт. Каков фазовый угол между напряжением и током? Какова реальная власть? Что такое реактивная мощность?

6.17 Мотор имеет рейтинг табличку 15 кВА и 2,5 ква, что является реальной силой? Какова кажущаяся сила? Если напряжение составляет 480 В, сколько энергии он будет потреблять?

6.18 Если 380-вольтовая трехфазная Таль с цепью потребляет 1,8 ампер и имеет коэффициент мощности 0,62, какова реальная потребляемая мощность? Какова кажущаяся сила?

6.19 41,7-сильный трехфазный двигатель имеет КПД 94%. Если есть 746 ватт на лошадиную силу, сколько ватт использует двигатель?

6.20 Если трехфазный двигатель выше работает на 380 вольт и имеет коэффициент мощности 0,81, сколько тока он потребляет?

Глава 7

Источник энергии

127

- Скоро слабое позвякивание оборванной нити станет звуком другого столетия.”

Джейн Брокс, автор

В производстве живых событий одним из первых заказов бизнеса является обеспечение достаточной мощности для запуска шоу. Это включает в себя поиск всех источников питания, которые обычно являются фидерными трансформаторами и/или портативными генераторами энергии, изучение их спецификаций и, возможно, заказ портативных генераторов энергии. Иногда батареи используются, как правило, для небольших мобильных устройств, и поскольку многие из устройств, которые мы используем в производстве живых событий, требуют ввода переменного тока, также используются инверторы, которые преобразуют питание от батареи постоянного тока в переменную мощность. Для того, чтобы правильно оценить пригодность источника питания, мы должны знать некоторые вещи об источниках питания.

ТРАНСФОРМАТОРЫ

Трансформатор преобразует напряжение от высокого к низкому или от низкого к высокому, передавая при этом примерно одинаковое количество мощности от входа к выходу (за исключением потерь из-за неэффективности, но большинство преобразователей имеют эффективность около 97,5%). Распределительные трансформаторы повышают напряжение, позволяя транспортировать большие количества энергии на большие расстояния при относительно низких токах, значительно уменьшая количество меди, необходимое для передачи, уменьшая тепловые потери (или потери I^2R) и экономя деньги на меди, труде и материалах. Питающие трансформаторы понижают напряжение от относительно высокого до относительно низкого, что позволяет более безопасно подавать электрическую энергию.

Например, для передачи 100 мегаватт при 480 вольтах требуется проводник, способный пропускать 208 333 ампера ($100\,000\,000 \text{ ватт} \div 480 \text{ вольт} = 208\,333 \text{ ампера}$). Для этого потребуется огромное количество меди! Однако для распределения тех же 100 мегаватт при 345 000 вольт потребуется только проводник, способный пропускать около 290 ампер ($100\,000\,000 \text{ ватт} \div 345\,000 \text{ вольт} = 289.9 \text{ ампер}$).

Трансформатор имеет две катушки в непосредственной близости друг от друга. Когда ток протекает через входную или "первичную" катушку, вокруг нее возникает магнитное поле. Поскольку ток переменный (трансформаторы работают только с переменным током), магнитное поле расширяется и сжимается два раза за цикл: один раз во время положительного полупериода и один раз во время отрицательного полупериода. Линии потока магнитного поля после этого режут проводники выхода или "вторичной" катушки, которая

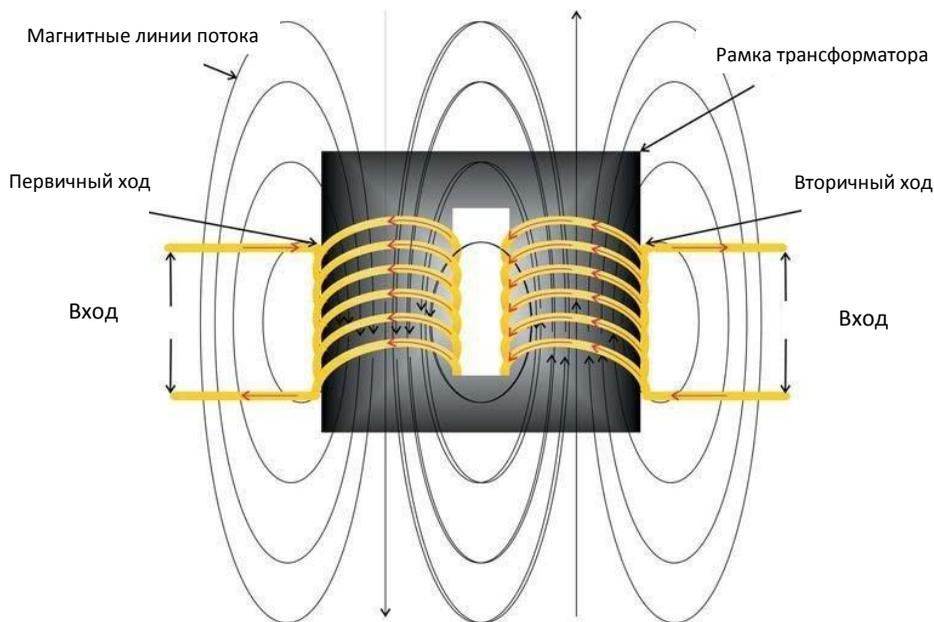


Рисунок 7.1

Трансформатор, показывающий первичную обмотку, вторую обмотку и магнитные линии потока.

Напряженность магнитного поля в первичной обмотке зависит от числа витков провода, размера катушек и интенсивности тока, а напряжение во вторичной обмотке зависит от отношения числа витков во вторичной обмотке к числу витков во вторичной. Если напряжение увеличивается от первичного к вторичному, это повышающий трансформатор, а если напряжение уменьшается, это понижающий трансформатор. Трансформаторы расклассифицированы согласно количеству кажущейся силы, которую они могут безопасно поставить, и они расклассифицированы в Вольт-амперах или киловольт-амперах.

Отношение числа оборотов в первичном к числу оборотов во втором называется отношением оборотов. Выходное напряжение-это произведение входного напряжения и отношения оборотов.

$$V_{\text{out}}/V_{\text{in}} = \frac{\text{turns (secondary)}}{\text{turns (primary)}}$$

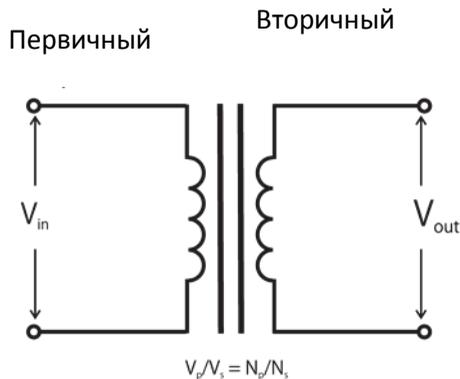


Рисунок 7.2

Символ трансформатора. Отношение входного (первичного) напряжения к выходному (вторичному) напряжению такое же, как отношение числа витков в первичном к числу витков во вторичном.

или

$$V_{\text{out}} = V_{\text{in}} \times \frac{\text{turns (secondary)}}{\text{turns (primary)}}$$

Пример 7а

Трансформатор 120/240 В имеет 50 поворотов в основном. Сколько витков имеет вторичная обмотка?

Ответ:

$$120/240 = 50/X$$

$$9 = (50 \times 240)/120 = 12,000 \div 120 = 100 \text{ витков}$$

Пример 7В

Трансформатор имеет коэффициент поворотов 8: 115 (первичный к вторичному). Каким должно быть входное напряжение, чтобы генерировать 6,900 на выходе?

Ответ:

$$V_{\text{out}} = V_{\text{in}} \times \frac{\text{turns (secondary)}}{\text{turns (primary)}}$$

$$6900 = V_{\text{in}} \times \frac{115}{8}$$

$$V_{\text{pri}} = (6900 \times 8) \div 115 = 480 \text{ V.}$$

ОТВОДЫ ТРАНСФОРМАТОРА

Некоторые трансформаторы имеют отводы для компенсации изменений входного напряжения. Кран-это клемма, которая подключается к одному из витков на катушке провода. Путем прерывать к крану вместо конца замотки, он эффективно изменяет число замоток катушки и он изменяет выход напряжения тока. Например, если трансформатор имеет обмотку с 100 витками провода, а кран подключен в середине катушки, затем подключение выхода между концом катушки и центральным краном вдвое снизит напряжение, потому что он эффективно создает катушку только с 50 витками провода.



Рисунок 7.3

Этот трансформатор имеет пять отводов, каждый из которых изменяет эффективное количество обмоток, что изменяет выходное напряжение.

РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

Распределительный трансформатор – это трансформатор, который подает питание на относительно небольшую площадь при требуемом напряжении для используемого оборудования. Он отличается от преобразователя мощности, который обычно очень высоковольтный (более 67 000 вольт) и используется для передачи энергии на большие расстояния. Распределительные трансформаторы часто называют фидерными трансформаторами, потому что они подают энергию в систему или в здание. Трансформаторы фидера могли быть расположены на общего назначения полюсе, на конкретной пусковой площадке вне места, или они смогли находиться внутри электрической комнаты в месте. В помещении может быть один или несколько фидерных трансформаторов, питающих электроэнергию, и отдельные трансформаторы могут использоваться для электропитания зданий, систем освещения, аудиосистем и/или видеосистем.

Существуют различные размеры и типы фидерных трансформаторов, а также различные способы их подключения. Способ их соединения определяет выходные напряжения и количество проводов, используемых в распределении мощности. Однофазные преобразователи могут быть соединены с заземленной или заземленной средней точкой или с заземленной, или заземленной конечной точкой. Трехфазные трансформаторы можно подключить в перепаде (Δ) или соединении типа

W (Y), которое также называется соединением звездой.

Трехфазный трансформатор имеет три пары обмоток, и они физически расположены, как показано на рисунке 7.5, за исключением того, что вторичная катушка обычно намотана поверх первичной катушки. Как эти обмотки соединены определяет, будет ли это треугольник или звезду. В Дельта конфигурации три первичные или вторичные обмотки соединены встык, как на первичной стороне на рис. 7.5. В конфигурации, они связаны так, что одна сторона каждой из обмоток подключена к общей точке подключения и к нейтральному проводу, а на вторичной обмотке рис. 7.5.



Рисунок 7.4

Внутри трансформатора фидера 150 кВа показаны три пары обмоток

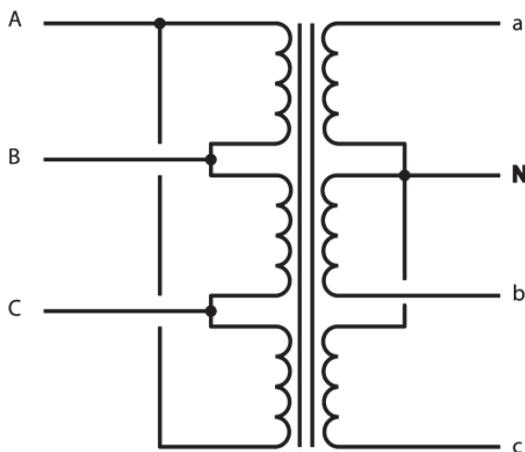


Рисунок 7.5

Трехфазный трансформирователь имеет три пары обмоток, и они физически выложены спина к спине. Схематически они могут быть соединены в конфигурации треугольника (Δ), звезды или звезды (Y).

ТРЕХФАЗНЫЙ ЧЕТЫРЕХПРОВОДНЫЙ ПЛЮС ЗЕМЛЯ УАЙ ИЛИ ЗВЕЗДА

Трехфазная четырехпроводная конфигурация с заземлением «звезда», также известная как «звезда», является наиболее распространенным вторичным соединением, используемым в современных зданиях и рабочих местах в Северной Америке, Европейском союзе, Австралии, Южной Африке и многих других странах. Вторичная обмотка имеет три токоведущих провода, нейтраль, которая обычно заземлена или заземлена, и провод заземления/ заземления. Все эти проводники соединены с общим узлом, как показано на рисунке 7.6.

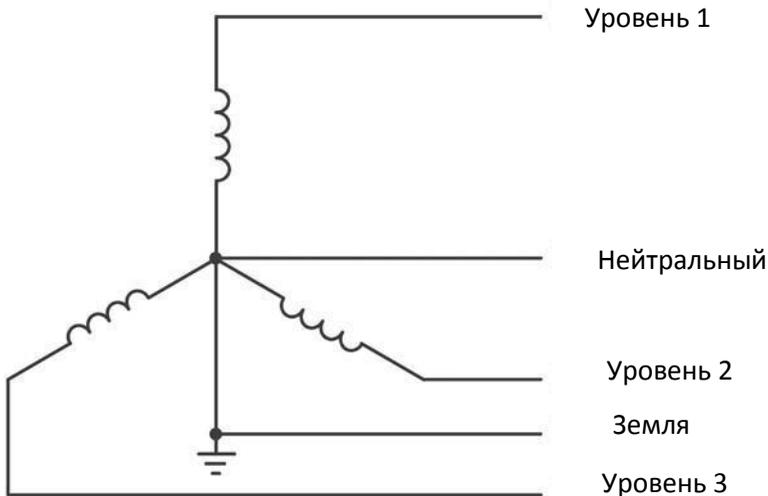


Рисунок 7.6

Вторичный соединитель, также известный как трехфазный четырехпроводный плюс заземление.

В большинстве объектов в Северной Америке используется трехфазная электрическая сеть, подключенная по схеме «звезда», где межфазное напряжение составляет 208 В, а межфазное напряжение составляет 120 В. Когда нагрузка подключена к любым двум фазным проводникам, тогда он упоминается как однофазная нагрузка 208 В, потому что, хотя он использует два фазовых проводника, существует только один путь для тока, и напряжения двух фаз объединяются, чтобы создать единую форму напряжения и тока.

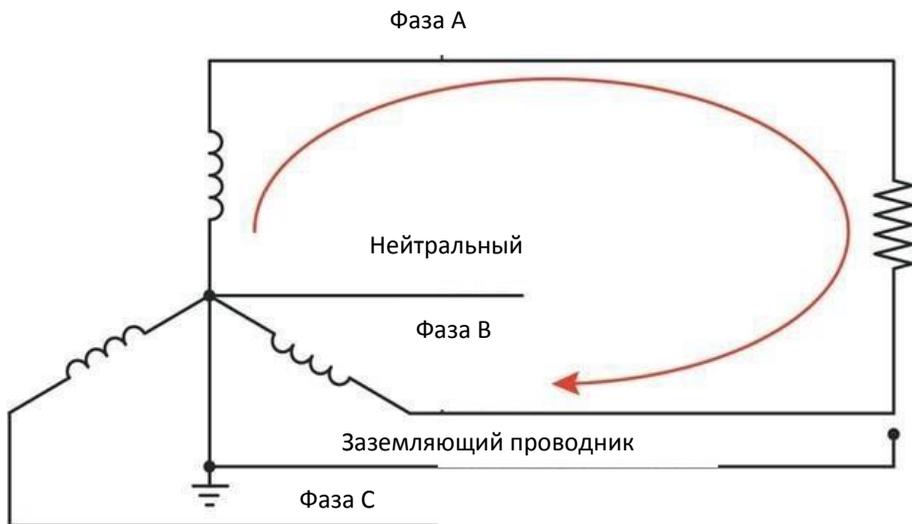


Рисунок 7.7

Однофазное соединение 208 В. Обратите внимание, что нейтральный проводник не подключен, и существует только один путь для тока. Напряжения от фаз А и В объединяются для создания единого сигнала напряжения и тока.

Когда нагрузка подключена ко всем трехфазным проводникам, то это трехфазная нагрузка 208 В. В этом случае существует три пути для тока в одной нагрузке. Например, трехфазный цепной подъемник имеет три обмотки, каждая из которых соединена через две из трех фаз питания.

Часть оборудования в Северной Америке работает при межфазном напряжении (обычно 208 В или 240 В) для снижения тока, а часть оборудования работает при напряжении между фазой и нейтралью (120 в). Вообще говоря, если нагрузка будет составлять около 16 ампер при 120 в, то это хороший кандидат для работы 208 В или 240 В.

В некоторых коммерческих зданиях и парках развлечений в США напряжение между фазами составляет 480 В (в некоторых случаях 600 В В Канаде), а напряжение между фазами-277 В (или 347 В В Канаде, когда напряжение между фазами составляет 600 в). В четырехпроводной системе заземления заземляющий проводник является пятым проводом; он считается частью системы заземления.

Во многих частях Европы и некоторых частях Австралии обычно используется трехфазная четырехпроводная заземленная нейтраль,

соединенная со звездой система. Все страны, входящие в Европейский союз, согласились соблюдать Международную электротехническую комиссию 60038: 2009, который стандартизирует однофазное напряжение до 230 В $+10\%/-6\%$ (216.2–253 В). Номинальное (или именованное) напряжение между фазами составляет 398,4 в (обычно обозначается как 400 В), А напряжение между фазами-230 В. обратите внимание, что подавляющее большинство оборудования, используемого в Европе, работает на однофазном напряжении, хотя есть некоторые электрические цепные подъемники и другое оборудование, которое работает на 400 В трехфазном.

Трехфазная четырехпроводная конфигурация заземленной нейтральной звезды также широко используется в Великобритании и Австралии, но напряжение между фазами обычно составляет 415 В, А напряжение между фазами - 240 В. Хотя обе эти страны согласились соблюдать Международную электротехническую комиссию 60038: 2009, им не пришлось изменять свое напряжение распределения, поскольку 240 В попадает в допустимые пределы 230 В

$+10\%/-6\%$.

В Мексике и частях Ближнего Востока, Южной Америки и России также используется трехфазная четырехпроводная система Wye или star, но напряжение между фазами составляет 220 В, А напряжение между фазами-127 В или 120 В.

Более полный перечень напряжений и частот во всем мире см. В приложении 10.

На первый взгляд может показаться, что напряжение фаза-фаза должно быть в два раза больше напряжения фаза-нейтраль в трехфазной четырехпроводной системе плюс земля, потому что напряжение фаза-фаза измеряется на двух фазах. Но в трехфазной системе фазные напряжения будут

120° по фазе друг с другом и они не добавляются линейно. В результате напряжение между фазами в 1,732 раза превышает напряжение между фазами и нейтралью. Например, 120 в и 120 в 240 В 208 в ($120 \text{ в} \times 1.732 = 208 \text{ в}$) из-за отмены фазы.

Один из способов увидеть это – посмотреть на графическое представление сигналов напряжения, как показано на рисунке 7.8. С левой стороны, два 120 В формы волны 180° из участка друг с другом.

Когда они вычитаются, в результате получается одна 240 в синусоида. Справа две формы волны 120 В находятся на 120° вне друг с другом, и когда они вычитаются, результат – 208 синусоида.

Еще один более графический способ взглянуть на это – использовать векторы. Векторная разность между двумя фазными и нейтральными напряжениями не удваивает длину одного из них, она немного меньше двойной. Для иллюстрации рассмотрим рисунок 7.9. Он показывает векторное представление фазы А (ОА), фазы В (ОВ) и векторной разности между ними (АВ), которая является фазным напряжением. И фаза А, и фаза В происходят в общем узле О, но фаза В на 120° опережает фазу А.

Причина, по которой напряжение между фазами является разностью, а не суммой, заключается в том, что оно измеряется от конца вектора ОА до конца вектора ОВ. Если мы проследим путь от конца ОА через общий узел О до конца ОВ, то мы увидим, что мы движемся в противоположном направлении ОА и в положительном направлении ОВ. Таким образом, мы добавляем минус ОА, что то же самое, что и вычитание ОА из ОВ. Чтобы вычислить величину АВ, мы можем провести перпендикулярную линию от середины АВ до О, как показано на рисунке 7.10.

Эта линия делит АВ пополам и создает два прямоугольных треугольника. (Прямоугольный треугольник – это треугольник с углом 90° .)

Обратите внимание, что угол между ОА и ОВ, который составляет 120° , тоже пополам перпендикуляром, поэтому мы знаем, что каждый из двух углов равен 60° . Глядя на один из

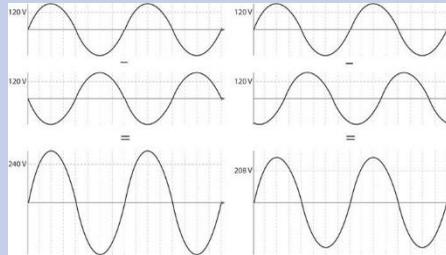


Рисунок 7.8
Оставил: Два 120 В синусоида, которые на 180° не в фазе друг с другом, являются субтрага и результат – одна 240-вольтовая синусоида. Право: Две синусоидальные волны 120 В находятся на 120° вне фазы между собой. Когда они вычитаются, в результате получается синусоида 208 В.

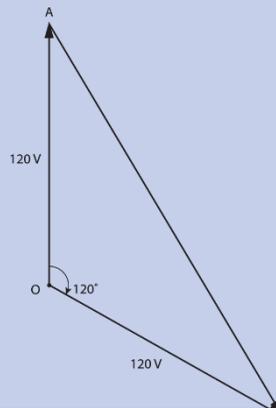


Рисунок 7.9
Векторные разности фаз и нейтралью напряжения двух фаз в трехфазной системе.

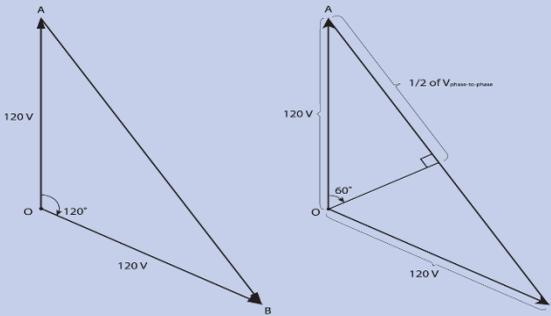


Рисунок 7.10

Проведя перпендикулярную линию от середины вектора АВ до О, мы можем создать два прямоугольных треугольника и вычислить величину АВ.

прямоугольные треугольники, теперь мы знаем меру одного угла и одной стороны, поэтому мы можем вычислить длину половины АВ, используя формулу для синуса угла.

$\sin \theta = \text{противоположная сторона} \div \text{гипотенузу}$,

где гипотенуза (сторона, противоположная прямому углу в прямоугольном треугольнике) является ОА или ОВ, в зависимости от того, с каким прямоугольным треугольником мы имеем дело. (Давайте выберем ОА.)

$\sin 60^\circ = 1/2 \text{ от } AB \div OA$

Умножив обе стороны этого уравнения на ОА, получим

$OA \times \sin 60^\circ = 1/2 \text{ от } AB$

Теперь, если мы используем калькулятор или таблицу поиска, чтобы найти грех 60° и умножить обе части уравнения на 2, мы получаем

$$OA (2 \times 0.866) = AB$$

или

$$AB = AO \times 1.732$$

Помните, что АВ-это напряжение между фазами, а ОА- напряжение между фазами и нейтралью. Чтобы проверить нашу работу, давайте рассчитаем межфазное напряжение в трехфазной четырехпроводной системе wye или star, используя приведенную выше формулу, если напряжение между фазой и нейтралью составляет 120 вольт.

$$V_{AB} = V_{OA} \times 1.732$$

$$V_{AB} = 120 \times 1.732 = 207.85 \text{ вольт}$$

ТРЕХФАЗНАЯ ТРЕХПРОВОДНАЯ ДЕЛЬТА

Иногда, когда кабель должен быть запущен долгий путь, используется трехфазная трехпроводная плюс заземляющая Дельта-конфигурация. Например, в кинопроизводстве портативные генераторы энергии часто используются для съемок местоположения. Поскольку Джинн очень громкий, его иногда приходится размещать удаленно, чтобы он не мешал записи звука. Таким образом, генераторный генератор установит выходную мощность генератора на 480 В, а технические специалисты проведут комплект фидерных кабелей к трансформатору, расположенному рядом со стрелкой, и подключат первичную в конфигурации с перепадами 480 В и вторичную в напряжении 120/208 В. Конфигурация

Название “Дельта” происходит от формы схематической конфигурации, которая напоминает греческую букву Δ (Дельта). Межфазное напряжение в этой системе обычно составляет 480 В в США или 600 В в Канаде или 208 В в США и Канаде. Нет нейтрального проводника, если одна из трех вторичных обмоток не имеет центрального крана, и в этом случае она становится высокой дельтой ноги (см. раздел высокой дельты ноги ниже), но

он должен иметь заземляющий провод, иначе он небезопасен. Заземляющий проводник приходит от генератора и обеспечивает середины для течения недостатка сделать свой путь назад к поставке прервать цепь в случае недостатка земли/земли.

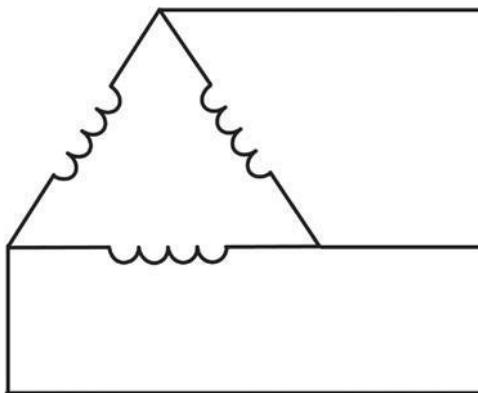


Рисунок 7.11

Трехфазная трехпроводная Дельта подключена вторично.

ТРЕХФАЗНЫЙ ЧЕТЫРЕХПРОВОДНОЙ ПЕРЕПАД (ВЫСОКИЙ ПЕРЕПАД НОГИ)

В Северной Америке и многих частях Южной Америки и Карибского бассейна трехфазная четырехпроводная плюс наземная Дельта - конфигурация иногда используется в коммерческих зданиях, где есть нагрузки 120 в, 240 В и/или 480 В. Нейтраль выстукивается в центре одной из фазных обмоток и заземляется при обслуживании. Обратите внимание, что напряжение от фазы В до нейтрали выше, чем напряжение от любой из двух других фаз до земли. Фаза В на рисунке 7.12 называется высокой ногой или дикой ногой, и она должна быть оранжевого цвета, чтобы предупредить, что она составляет

208 В до нейтрали вместо нормального 120 В. коммутатор или панель с трехфазной четырехпроводной Дельта-системой, где средняя точка одной фазы заземлена, должна быть отмечена: "Фаза осторожности имеет Вольты на Землю."

Где эта конфигурация используется, в междуфазное напряжение обычно составляет 240 В, А напряжение от фазы к нейтрали или фазы с нейтралью составляет 120 В, а

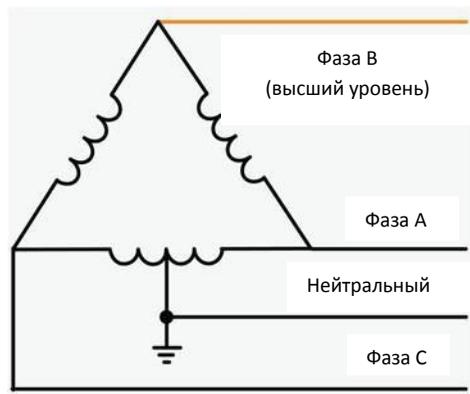


Рисунок 7.12

Трехфазное четырехпроводное е плюс земное соединение ноги перепада высокое ножке с однофазной обмоткой, заземленной в средней точке. Фаза В известна как высокая нога или дикая нога, и она должна быть оранжевого цвета, чтобы предупредить, что напряжение на нейтрали выше нормы.

напряжение с фазы в нейтральной составляет 208 В. обратите внимание, что, в отличие от трехфазной четырехпроводной соединение звездой или звездой конфигурации, напряжением от фазы А к фазе Б является суммой напряжения от фазы к нейтрали и напряжение фазы В к нейтральной, потому что эти напряжения измеряются по одной и той же фазе обмотки, и они сочетают в себе до 240 В, а не 208 В.

ОДНОФАЗНЫЙ ДВУХПРОВОДНОЙ ЗАЗЕМЛЕННЫЙ КОНЕЦ ФАЗЫ

Для однофазного обслуживания, однофазная двухпроводная плюс система Земли часто использована в большей части из Европы, Южной Америки, Китая, и Австралии где нейтральный провод выступан в конце замотки участка. В странах ЕС и Австралии, напряжение 230 В +10%/-6% (216.2–253 в). Схема подключения показана на рисунке 7.13.

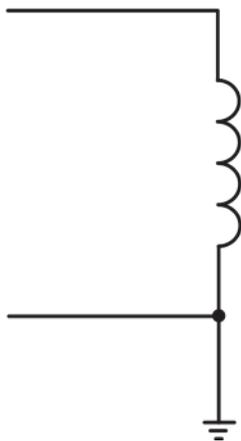


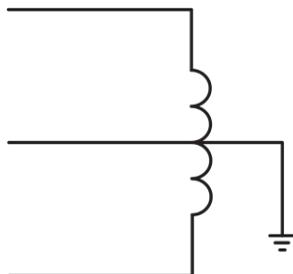
Рисунок 7.13
Однофазный двухпроводно й
заземленный конец
система участка
как использовано повсеместно в Европа, Азия,
Австралия, и Южная Америка.

ОДНОФАЗНАЯ ТРЕХПРОВОДНАЯ

В жилых районах и некоторых старых коммерческих районах Северной Америки (за исключением Мексики) трехфазная Дельта - система распределяется между отдельными потребителями путем направления двух фазовых проводников плюс нейтральный проводник к зданию. Клиент после этого имеет однофазную трехпроводную зарытую систему средней точки, также известную как обслуживание разделени-участка. Две фазы питаются от одной обмотки распределительного трансформатора, а нейтраль отводится в центр фазной обмотки, как показано на рис.7.14. Поскольку каждый клиент имеет распределительный трансформатор, это отдельно выведенный системы.

Рисунок 7.14

Однофазная трехпроводная заземленная средняя точка, также известная как двухфазное обслуживание.



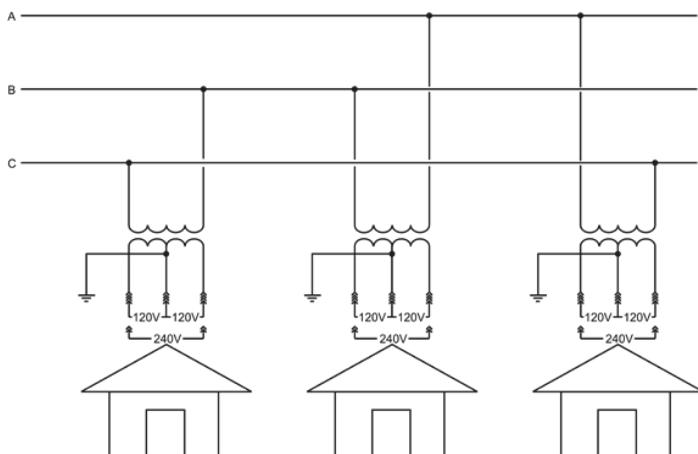


Рисунок 7.15

Типичное трехфазное распределение перепада показывая однофазные центр-выступанные трансформаторы фидера подавая индивидуальные доки. Каждый преобразователь питателя подключен к двум различным фазам трехфазной Дельта-системы для равномерного распределения нагрузки.

Утилита может предоставить эту услугу, запустив трехфазную систему передачи Дельта через окрестности, а затем нажав на нее с помощью однофазного распределительного трансформатора с центральным ответвлением и запустив две фазы и нейтраль к зданию. Пока каждый распределительный трансформатор равномерно распределен между тремя фазами, система находится в равновесии.

В тех частях света, где эта конфигурация распространена, типичные напряжения составляют 240 В фаза - фаза и 120 в фаза-нейтраль.

ПЕРЕНОСНЫЕ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРЫ

Портативный генератор энергии выполняет ту же функцию, что и трансформатор, за исключением того, что генераторы требуют большего ухода и "питания". Воображаемый генератор, который мы "построили" в главе 4, имел вращающуюся катушку провода и неподвижный двухполюсный Магнит. В реальной жизни обычно все наоборот. Вращающаяся часть, называемая "Ротором", обычно является магнитом, а неподвижная часть, называемая

статором", обычно представляет собой катушку провода. Это то, что известно как генератор вращающегося поля.

Ротор в основном электромагнит. Каждый полюс обернут катушкой провода, через которую пропускается постоянный ток, заставляя его намагничиваться. Ток, называемый "током возбудителя", обычно подается свинцово-кислотной батареей во время запуска и ременным генератором во время нормальной работы. Чем выше ток возбудителя, тем сильнее магнитное поле и выше выходное напряжение генератора. Большинство генераторов имеют регулятор напряжения, который регулирует выходное напряжение путем регулирования тока возбуждения. Когда выходное напряжение падает, ток возбуждения увеличивается и наоборот. Если генератор имеет автоматический регулятор напряжения, то он поддерживает выходное напряжение до заданного значения, контролируя его и используя контур обратной связи для автоматической регулировки тока возбудителя.

Обмотки статора обычно состоят из двух катушек, соединенных последовательно, чтобы действовать как одна катушка. Одна из обмоток находится на одной стороне статора, а другая - на противоположной стороне. Причина в том, что каждый раз, когда один из полюсов проходит обмотку, взаимодействие создает силу, которая передается подшипникам на роторе. Если бы использовалась только одна катушка, то сила на подшипнике была бы несбалансированной, и подшипник не продержался бы долго. Расположение 180° помогает сбалансировать силы на подшипниках уменьшается и трение, что помогает продлить их срок службы.

Двухполюсный генератор производит один цикл синусоиды для каждого полного вращения ротора. Каждый раз, когда Северный полюс проходит одну из обмоток, он создает положительный пик. И когда он проходит другую обмотку, он создает отрицательный пик. Это пример синхронного генератора, что означает, что положение и скорость ротора синхронизированы с формой сигнала напряжения: чем быстрее вращение, тем быстрее повторяется форма сигнала напряжения.

Некоторые генераторы имеют более двух полюсов. Очень большие коммерческие генераторы энергии, которые обычно используются с ископаемым топливом, ядерными реакторами и гидравлическими турбинами, являются синхронными генераторами, но они спроектированы с число полюсов в зависимости от того, насколько они велики и насколько быстро они могут вращаться. Например, четырехполюсный генератор генерирует два полных цикла сигнала для каждого отдельного оборота Ротора. Поэтому, когда он вращается со скоростью 1800 оборотов в минуту (об / мин), он

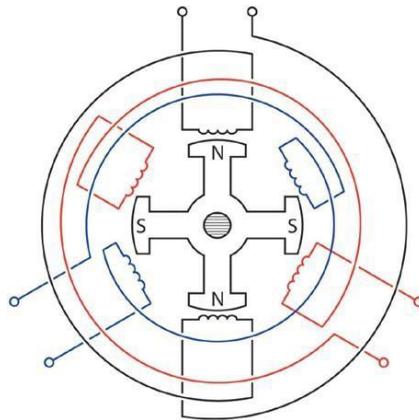
генерирует 60 Гц, а когда он вращается со скоростью 1500 об / мин, он генерирует 50 Гц.

Двухполюсная паровая турбина на ископаемом топливе может работать с высокой скоростью, обычно 3000 об / мин в Европе или

3600 об / мин в Северной Америке, но ядерная паровая турбина обычно работает с половиной этой скорости. Он имеет четыре полюса, что означает, что он должен вращаться только с половиной скорости двухполюсного генератора, чтобы производить ту же частоту, потому что он производит два цикла для каждого вращения. Гидроэлектрические генераторы, которые имеют огромные турбинные лопатки и поршневые генераторы, такие как дизельные генераторы, вращаются на более низких скоростях и поэтому нуждаются в большем количестве полюсов для получения той же формы волны, что и генераторы с более высокими оборотами. Некоторые гидроэлектрические генераторы работают на скоростях как медленных как 100 или 120 грпм с 60 полюсами.*

Рисунок 7.16

Четырехполюсный генератор, работающий при 1800 об / мин, производит 60 Гц, а при 1500 об / мин-50 Гц.



Многие из портативных генераторов энергии, которые используются в производстве живых событий, являются четырехполюсными генераторами. Обычно это трехфазные генераторы

(см. трехфазная мощность, Глава 6), которые легко переключаются на однофазную работу. Трехфазный генератор имеет шесть обмоток статора, и каждая обмотка имеет два вывода

Х. Уэйн Бити и Дональд Дж. Финк, Стандартное руководство для инженеров-электриков, 15-е издание (McGraw - Hill, 2007).

которые выводятся на клеммную колодку. Клеммы соединены с переключателем, который позволяет выбрать трехфазную операцию или однофазную операцию зигзага. В Северной Америке и других местах, где используется мощность 120/208 В, эти генераторы питают 120/208 В в трехфазном режиме или 120/240 В в однофазном режиме.

Генератор преобразует одну форму энергии в другую. Он берет жидкое топливо и сжигает его в двигателе, который поворачивает генератор и преобразует его в электричество. Сегодня большинство портативных генераторов работают на дизельном топливе, и в США они часто соответствуют Q3 (Калифорнийский код качества воздуха). В отличие от газового двигателя, дизельный двигатель не имеет свечей зажигания. Пока в дизельном двигателе есть топливо и воздух, и пока вы можете перевернуть двигатель, он запустится. Дизельные двигатели более надежны, чем газовые, они более прочные и долговечны.

СПОСОБ РАБОТЫ ПЕРЕНОСНОГО ГЕНЕРАТОРА

1. Начните с правильного местоположения. Убедитесь, что генератор находится на ровном месте. Генератор будет работать лучше, и важно поддерживать уровень топливного бака. Топливный бак находится под генератором, а внутри него расположен топливный насос, который закачивает топливо в топливный инжектор. Если генератор сидит под углом, что часто бывает на улице, где есть желоб, то топливо будет опрокидываться на низкую сторону улицы. Трубка датчика находится на противоположной стороне генератора (вдали от бордюра), что означает, что уровень топлива будет выше на стороне бака, где датчик не может достичь его. Тогда у него закончится топливо раньше, чем следует. Также важно расположить генератор так, чтобы выхлопные газы не попадали в здание или переулок, где они могут вызвать проблемы. Поблизости не должно быть горючих материалов, так как из выхлопных газов могут вылететь искры и воспламенить их. Например, не паркуйте генератор под деревом, которое может загореться от горячих выхлопных газов.

2. После того, как вы разместили генератор, пройдите вокруг, чтобы убедиться, что нет никаких утечек из генератора, особенно утечки топлива.

3. Проверьте уровень топлива. Иногда вы можете получить генератор от поставщика, с которым вы не знакомы, и вы не можете быть уверены, что бак был заполнен должным образом. И даже в тех случаях, когда вы не несете непосредственной ответственности за работу генератора, если вы отвечаете за освещение, аудио или видео, то вы тот человек, который получит вину, если они перестанут работать.

4. Проверить масло перед запуском двигателя. Это простая задача, которая может предотвратить серьезные повреждения. Большинство портативные генераторы

энергии имеют петчок или клапан для системы масла, и он может невольно быть

раскрыт путем ударять его и полностью масло стечет из двигателя. Дизельные двигатели также содержат масло. Чем старше электростанция, тем больше масла она потребляет. Масла проверяется с помощью щупа, как проверить масло в машине. Рекомендации производителя по типу масла и объему двигателя см. в руководстве пользователя.

Рисунок 7.17

Всегда проверяйте масло перед запуском двигателя. Щуп для измерения ровня среды показывает уровень масла, низкий уровень, и полный предельный уровень.

Добавить Масло Полный Предел

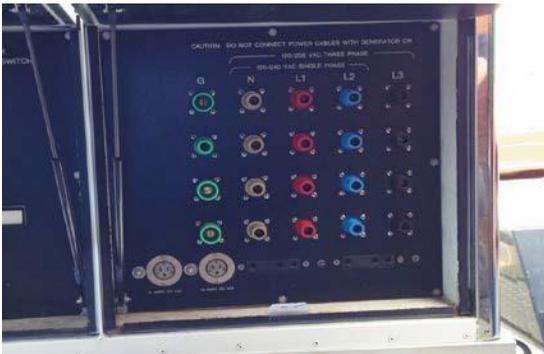
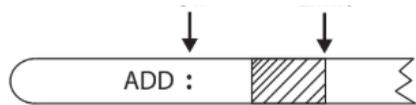


Рисунок 7.18

Выходная клеммная панель портативный способный генератор энергии типично имеет однополюсные фиксируа разъемы и некоторые объекты.

5. Перед запуском генератора убедитесь, что главный выключатель генератора и все выключатели на распределительных щитах выключены. Дважды проверьте настройку напряжения, а затем подключите питающий кабель с помощью разъемов на выходной клеммной панели. Он будет иметь несколько разъемов, как правило, однополюсные запирающие разъемы, а иногда имеются удобные выходы с разъемами Edison или, как на рисунке 7.18, контактные штырьковые разъемы. Помните, что если переключатель напряжения установлен на

277/480 В, то цветовые коды будут отличаться от обычных, потому что

277/480 В в США коричневый, оранжевый и желтый. Обязательно определите его как 277/480 В. Чтобы быть в безопасности, измерьте напряжение перед подключением и подачей напряжения на нагрузку.

6. Включите генератор и дайте ему достаточно прогреться. Пока он разогревается, прислушайтесь к любым посторонним шумам, и если это звучит неправильно, выключите его.

7. Проверьте напряжение и частоту и убедитесь, что это правильно. Если напряжение установлено неправильно, отрегулируйте его с помощью ручки регулировки напряжения.

8. Убедитесь, что амперметр показывает 0 А.

9. Проверить, что давление масла и температура двигателя в норме. (См. Руководство пользователя для нормальных диапазонов.)

10. Проверьте тахометр и убедитесь, что генератор работает на нормальной скорости.

Нормальная скорость для четырехполюсного генератора, который обычно используется в производстве живых событий, составляет 1800 об/мин в Северной Америке и 1500 об/мин в Европе, Австралии и Азии.

11. Как только все правильные настройки и показания будут подтверждены, затем включите генератор, чтобы включить генератор.

Деятельность большинства современных портативных генераторов энергии упрощена при помощи автоматических регуляторов как регулятор автоматического напряжения тока (АНТ). Один из самых важных шагов должен удостовериться, что переключатель выбора напряжения установлен в надлежащую настройку перед запуском генератора. Трехфазные генераторы имеют переключатель, который позволяет выбирать между 120/240 Вольт одной фазы 120/208 В три фазы, или 277/480 В три фазы. После запуска двигателя ни при каких обстоятельствах не следует изменять настройку переключателя напряжения. Даже если выключатель выключен, если двигатель работает, может быть остаточное напряжение в системе. Если он переключается под нагрузкой, контакты будут дугой и привести к повреждению системы и / или травмы оператора.

Запуск трехфазного генератора в однофазном режиме уменьшает его выход на 1/3, поскольку выход ограничен двумя фазами вместо одной. Например, трехфазный генератор 1800 а, работающий в однофазном режиме, имеет выход 1200 А.

Технические характеристики генератора

Портативные генераторы определяются количеством усилителей, которые он может выводить при заданном напряжении. В Северной Америке, спецификации основаны на деятельности 120 В. Например, генератор мощностью 150 кВА может выдавать максимум до 1250 А ($150000 \text{ кВА} \div 120 \text{ В} = 1250 \text{ А}$) или около 400 А на ногу. Генераторы предназначены для работы с максимальной эффективностью при нагрузке до 80% от максимальной. Так, например, генератор мощностью 150 ква работает с максимальной эффективностью при выходе 333 А.



Рисунок 7.19 Переключатель выбора напряжения тока на трехфазном генераторе должен быть установлен перед начинать генератор и он никогда не должен быть изменен пока генератор работает.

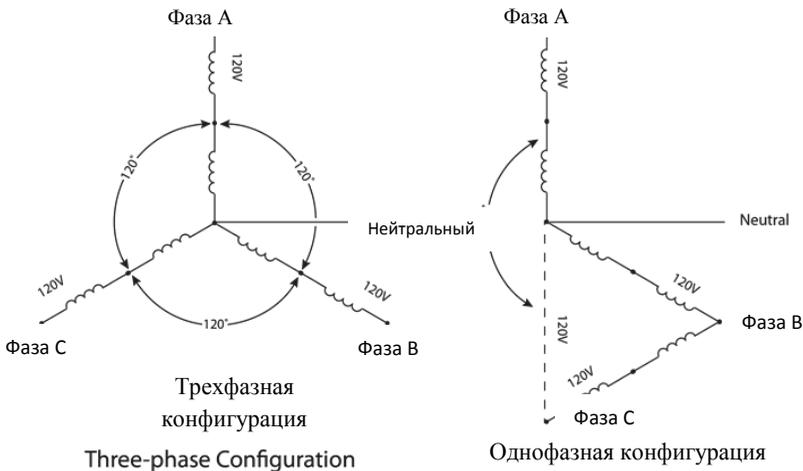


Рисунок 7.20

Оставил: В Схема подключения трехфазного генератора показаны три фазы и нейтральный. Право: Электрическая схема трехфазного генератора, работающего в однофазном режиме, показывает две фазы и нейтраль. Этап А и В связаны проводом последовательно, ограничивая выход до 2/3 выхода в трехфазном режиме.

Указание генератора с использованием мощности может ввести в заблуждение,

поскольку нагрузка может не иметь коэффициента мощности 1. Например, нагрузка 150 кВт с коэффициентом мощности 0,5 требует 2500 А. Если к этой нагрузке был подключен генератор 150 кВА, он не сможет обеспечить его максимальной мощностью.

Терминология, которую используют операторы портативных генераторов, может отличаться от терминологии электриков. Мощность генератора определяется общим количеством усилителей, которые он может вывести, в то время как электрик определяет усилители, доступные через каждую ногу. Так, например, оператор генератора определил бы 1800 трехфазный генератор, в то время как электрик назвал бы тот же самый генератор 600 трехфазным генератором.

Также важно не устанавливать слишком большой генератор для нагрузки из-за того, что называется «укладка топлива» или «укладка в мокром состоянии». Когда дизельный генератор работает с очень низкой мощностью, несгоревшее топливо проходит через турбокомпрессор в выхлопную трубу, вызывая «эффект слюнотечения». Двигатель тогда действует, как будто у него есть утечка масла и начинает работать беспорядочно. Решение состоит в том, чтобы добавить больше нагрузки на генератор, чтобы выдуть топливо, и он будет работать лучше.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Правильно оборудованный портативный электрогенератор должен иметь на борту руководство по эксплуатации, и он должен включать в себя журнал для регистрации часов работы, дату, место, часы запуска и остановки, а также максимальное количество усилителей, которое требуется в некоторых частях США, таких как Калифорния. Руководство по эксплуатации должно также содержать описание процедур заземления и копию лицензии на эксплуатацию или необходимых разрешений. Нарушителей правил выдачи разрешений могут быть наложены крупные штрафы. Кроме того, руководство по эксплуатации,

генератор должен иметь бортовой огнетушитель. Перед включением генератора выньте огнетушитель из отсека и убедитесь, что он легкодоступен.

Портативный генератор энергии запускается с помощью свинцово-кислотных батарей. В случае стартерных двигателей, работающих на 24 В постоянного тока, может быть одна или две батареи, соединенные последовательно. Бортовой альтернатор использует силу двигателя перезарядить батареи. В генераторе есть две электрические системы: низковольтная система постоянного тока и высоковольтная система переменного тока. Будьте осторожны, чтобы не запутать их.

Дизельные двигатели имеют турбоагнетатель, который нагнетает смесь воздуха и выхлопных газов в камеру сгорания двигателя для повышения его КПД. Поскольку выхлопные газы очень горячие, турбоагнетатель становится очень

горячим, поэтому двигатель должен быть на холостом ходу и охладиться перед отключением. Если нет аварийной ситуации, двигатель никогда не должен быть выключен без холостого хода для охлаждения. Единственный раз он должен быть выключен без охлаждения в случае чрезвычайной ситуации. В противном случае подшипники в турбонагнетателе могут зацепиться. В конце дня, когда генератор больше не нужен, выключите выключатель и отсоедините кабели, пока генератор работает на холостом ходу, чтобы остыть.

После того, как генератору было дано достаточно времени для охлаждения, его можно выключить, а затем дозаправить до его мощности. Важно заправлять его после каждого использования, потому что топливная система циркулирует топливо из бака, через двигатель, и избыток топлива возвращается в бак. Таким образом, в баке есть горячее топливо, и когда оно охлаждается, оно вызывает конденсацию, и влага попадает в бак.

Хотя вода в топливном баке дизельного двигателя неизбежна, она может быть уменьшена путем заправки бака после каждого использования. В топливной системе три фильтра. Основной фильтр отделяет воду и топливо, и он имеет петкок или клапан, который позволяет сливать воду. Есть еще два топливных фильтра, которые отфильтровывают загрязняющие вещества, которые всегда присутствуют в топливе. Загрязнители могут включать водоросли-особенно в жарком, влажном климате-и ржавчину. Ржавчина производится в топливном баке в присутствии воды, и она постоянно подается в топливную систему. Существуют присадки к топливу, которые помогают снизить уровень загрязнений, но фильтры все равно приходится менять на регулярной основе, как правило, каждые 100 часов работы.

Масло также следует регулярно менять, и частота смены масла зависит от обстоятельств и типа используемого масла. Он варьируется от 150 часов до 300 часов.

ОПЕРАЦИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Современный портативный генератор энергии типично оборудован с пультом управления, который имеет несколько аппаратур контроля. Они включают вольтметры и амперметры для каждой из трех фаз, частотомер, вольтметр постоянного тока для мониторинга

напряжение тока батареи, датчик температуры двигателя, и манометр масла. Он также может включать тахометр, который показывает частоту вращения двигателя В об / мин. Вероятно, будут и другие индикаторы, такие как:

- индикатор выбора напряжения - показывает текущий выбор между однофазным напряжением 120/240 В, трехфазным 120/208 В или трехфазным 277/480 В;
- индикатор неисправности зарядки-контролирует генератор и цепь зарядки аккумулятора;
- индикатор низкого уровня охлаждающей жидкости;
- индикатор низкого давления масла;
- индикатор высокой температуры двигателя;
- Индикатор перегрузки;
- сигнализатор превышения скорости;
- индикатор запуска двигателя.

БАТАРЕЯ ПИТАНИЯ

Питание от батареи становится все более распространенным в производстве живых событий из-за достижений в технологии батареи, повышения эффективности нагрузок, таких как светодиоды, и все более широкого использования беспроводного управления. Батареи используются в различных устройствах, включая беспроводные наборы, беспроводные микрофоны, видеокамеры и источники питания для светильников.

Батареи рассчитаны по напряжению питания они и их ампер-часах или миллиампер-час (мАч), который является мерой электрического заряда. Номинальное значение ампер-часа - это количество ампер, которое батарея может подать в течение определенного времени, когда они полностью заряжены. Например, 10 - амперная батарея может теоретически обеспечивать один усилитель в течение десяти часов или десять ампер в течение одного часа.

Существует множество типов аккумуляторов, наиболее распространенными из которых являются свинцово-кислотные, щелочные, никель-кадмиевые и литий-ионные. Батареи хранят энергию, и любой тип накопителя энергии, включая батареи, может быть потенциальной опасностью пожара или взрыва. Литиевые батареи, в частности, подвержены взрыву из-за их высокой плотности энергии и их физической конструкции. Если они физически повреждены, литиевые батареи могут стать зажигательными. Некоторые из них более восприимчивы к опасности, чем другие. Плохо изготовленные литиевые батареи могут нагреваться, загораться и взрываться.

Первичные и вторичные батареи

Не перезаряжаемые батареи известны как "первичные батареи", а перезаряжаемые батареи известны как "вторичные батареи". Многие аудиотехники используют не перезаряжаемые батареи в беспроводных микрофонах, потому что они не доверяют перезаряжаемым батареям держать заряд в течение всего шоу. Но новый аккумулятор и зарядное устройство изменить. Все театры Бродвея теперь используют перезаряжаемые батареи, спасибо усилия Альянса Зеленых Бродвея (www.broadwaygreen.com). Театры имеют два

комплекты батарей и пока один комплект используется на сцене, другой комплект заряжает. Они чередуются каждое шоу, и в конце года оба набора правильно утилизируются и покупаются два новых набора батарей.

Химия батарей

В настоящее время существует три основных вида химии аккумуляторов: свинцовая, никелевая и литиевая. Свинцово-кислотные батареи не сильно изменились с момента их изобретения в 1859 году. Они имеют самую низкую плотность энергии этих 3 типов батарей, и потому что они имеют относительно большое количество руководства, они также очень тяжелы. Но они также обладают способностью поддерживать большое количество тока, и они относительно недороги в изготовлении и покупке.

Никель-кадмиевые батареи имеют гораздо более высокую плотность энергии, чем свинцово-кислотные батареи, и до середины 1990-х годов они были самым популярным типом батарей для портативной электроники. Но кадмий является токсином и опасен для окружающей среды, поэтому их использование снижается. Если Никель-кадмиевые батареи утилизируются на свалке или сжигаются, они могут выщелачивать кадмий в почву и грунтовые воды или выпускать его в воздух.

В 1996 году Соединенные Штаты приняли законодательство по защите окружающей среды от батарей, содержащих ртуть и кадмий. Закон Об управлении ртутьсодержащими и перезаряжаемыми батареями, или Закон Об батареях, запрещает производство батарей, содержащих большое количество ртути, и требует от производителей раскрывать содержание батарей, содержащих кадмий, и разрабатывать программы их сбора и надлежащей утилизации. Аналогичное законодательство было принято в Европейском Союзе в 1991 году (директива 91/157/ЕЕС) и в 2006 году (директива 2006/66/ЕС).

Никель-металлогидридные батареи похожи на Никель-кадмиевые батареи, за исключением того, что они по существу заменяют кадмиевый электрод в никель-кадмиевый сплавом, который поглощает водород. Они не так плотны по энергии, как литий-ионные батареи, а также имеют более высокий саморазряд, теряя около 20% своей емкости в первые 24 часа и около 10% в месяц после этого.

Литий-ионные батареи часто используются в производстве живых событий для различных применений. Они имеют очень высокую плотность энергии, но меньше летучести, чем литий-металлическая батарея. Они значительно упали в цене с момента их изобретения в 1991 году, а усовершенствования электродных материалов увеличили их емкость с 1100 мАч до более 3000 мАч. Отработанные литиевые батареи не считаются опасными отходами, хотя они легко перерабатываются (и переработка определенно поощряется!).

Литий-ионные полимерные батареи аналогичны литий-ионным батареям, за исключением того, что они используют гелеобразный электролит вместо жидкого электролита. Они имеют более высокую плотность энергии и могут быть изготовлены в меньшей упаковке, чем Литий-ионные, но они также стоят дороже.

Рисунок 7.21

Портативный литий-ионный аккумулятор, используемый для питания светодиодных светильников. Этот

28.4

Аккумуляторная батарея может питать небольшую светодиодную панель в течение всего дня съемки видео или фильма.



Литий-ионные аккумуляторы легче обслуживать, чем другие типы батарей, потому что они не требуют упражнений (Зарядка и разрядка полностью), и они не страдают от “памяти” (ограниченная емкость заряда из-за повторного частичного разряда). Они имеют относительно плоскую кривую разряда и низкий саморазряд (внутренний разряд от бездействия), поэтому они хорошо поддаются надежному измерению заряда. Но они дороже по стоимости, и, по данным Федерального авиационного управления Министерства транспорта США, “литий - металлические батареи обладают высокой огнестойкостью и способны воспламениться. Зажигание... может быть вызвано коротким замыканием батареи, перезарядкой, нагревом до экстремальных температур, неправильным обращением или иным дефектом.”

Факторы опасности батареи

Цилиндрические литий-ионные элементы обычно представляют собой несколько отдельных элементов батареи в одном корпусе. Сепараторы использованы для того чтобы держать клетки от замыкать накоротко вне, и если сепаратор терпит неудачу и смежные клетки короткие, то он причиняет большое количество течения пропустить и нагреть батарею. Это, в свою очередь, может привести к отказу других сепараторов, и это становится цепной реакцией, ведущей к тому, что производители батарей называют “вентиляцией с пламенем” или “быстрой разборкой.” Физическое насилие или грубое обращение с литий-ионными батареями может привести к повреждению сепараторов и вызвать их выход с пламенем. Производственные дефекты или плохой контроль качества также могут привести к выходу сепаратора из строя.

Характеристики безопасности в литиево-ионных

Некоторые производители добавляют функции безопасности в свои литиевые и литий-ионные батареи и системы, включая тепловую защиту, защиту от избыточного давления, защиту от перезаряда, защиту от перегрева и защиту от перегрузки по току. Большинство коммерческих зарядных устройств и устройств, использующих литиевые батареи, имеют встроенное управление батареями, которое ограничивает количество заряда батареи получить. Аккумуляторные батареи должны использоваться только с утвержденным зарядным устройством для этого конкретного типа батареи, в соответствии со спецификациями производителя. Ни при каких обстоятельствах нельзя помещать непerezаряжаемую батарею в зарядное устройство, а также литиевые батареи не следует помещать в зарядное устройство, предназначенное для никель-металлогидридных или никель-металлогидридных батарей.

Рекомендуемые рекомендации по использованию и обращению с литиевыми батареями в индустрии развлечений

На заметку: Всегда следуйте рекомендациям производителя при использовании литиевых батарей.

Общие сведения

Литиевые батареи часто используются во многих аспектах индустрии развлечений, включая, но не ограничиваясь: фонари, компьютеры, сотовые телефоны и аналогичные устройства, ремни и пакеты батарей, беспроводные передатчики, радиоприемники, аксессуары для музыкальных инструментов, батареи блочных камер, цифровые зеркальные камеры и системы солнечной энергии.

Идентификация

Литиевые батареи доступны в трех различных типах: литий-металлические, литий-ионные и литий-полимерные. Кроме того, существует по меньшей мере шесть различных типов материалов, используемых для анода и катода в литий-ионных аккумуляторах.

Их химические имена включают окись кобальта лития

(LiCoO_2), окись марганца лития (LiMn_2O_4), фосфат железа лития (LiFePO_4), окись кобальта марганца никеля лития (LiNiMnCoO_2), окись алюминия кобальта никеля лития (LiNiCoAlO_2), и титанат лития ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$).

Литиевые батареи могут быть помечены как "литий",

“литий-металлический”, “литий-ионный”, “литий-полимерный” или “Липо”.”

правила техники безопасности

Никогда не смешивайте батареи по типу, возрасту или производителю. Никогда не допускайте повреждения литиевых батарей проколом, дроблением, сжатием, ударом, чрезмерным механическим ударом, вибрацией или падением. Никогда не подвергайте литиевые батареи воздействию высокой температуры. Никогда не допускайте замыкания или замыкания контактов аккумулятора проводящими материалами.

Никогда не оставляйте литиевые батареи без присмотра. Никогда не заряжайте аккумулятор, который не предназначен для зарядки.

Никогда не носите литиевые батареи в карманах одежды.

Используйте батареи только в официально утвержденных устройствах, указанных изготовителем. Используйте только одобренные батареи в устройстве, указанном производителем.

Никогда не помещайте литиевые батареи в

герметичные контейнеры, такие как фонари, элементы ремня батареи, подводные корпуса и т. д.

Всегда защищайте литиевые батареи, чтобы

предотвратить их перемещение и контакт с проводящими материалами.

Опасность поражения электрическим током

Литиевые батареи могут представлять серьезную или угрожающую жизни опасность поражения электрическим током, особенно при последовательном или параллельном использовании. Необходимо следить за тем, чтобы персонал не контактировал напрямую с любым открытым проводником, поверхностью или неизолированной частью аккумуляторной цепи.

Коммерческая перевозка литиевых батарей

Министерство Транспорта США (DOT) разработало руководящие принципы, касающиеся безопасной транспортировки литиевых батарей по воздуху, железной дороге, шоссе и воде.

руководящие принципы охватывают литиевые батареи как на коммерческих судах, так и на пассажирских судах.

□ С января 2008 года запасные литиевые батареи не допускаются в зарегистрированный багаж.

□ Запасные литиевые батареи допускаются в ручной клади.

□ Более крупные литиевые батареи мощностью от 100 до 300 ватт-часов с эквивалентным содержанием лития от восьми до 25 граммов

ограничены одним установленным в устройстве плюс двумя запасными частями.

□ Литий-ионные аккумуляторы, рассчитанные на более чем 300 ватт-часов или с эквивалентным содержанием лития более 25 граммов запрещены.

Эти и другие рекомендации по транспортировке личных литиевых батарей можно найти на веб-сайте Управления по безопасности трубопроводов и опасных материалов по адресу: www.phmsa.dot.gov/hazmat или по адресу http://Safe.Travel.dot.gov/whats_new_batteries.html.

Для перевозки крупных партий литиевых батарей подробный руководящий документ с пересмотренными правилами 2012 года можно найти на веб-сайте Международной ассоциации воздушного транспорта (Международная ассоциация воздушного транспорта www.iata.org). См. руководящий документ Международной ассоциации воздушного транспорта : Транспортировка литий-металлических и литий-ионных батарей по адресу www.iata.org/whatwedo/cargo/dgr/Documents/Lithium-Battery-Guidance-2013-V1.1.PDF.

Надлежащая утилизация

Некоторые батареи, но не все, считаются опасными отходами, но все батареи должны быть утилизированы должным образом. Утилизация аккумуляторов удерживает токсины, такие как свинец, кадмий и ртуть, на свалках и, таким образом, предотвращает их выщелачивание в почву или выброс в атмосферу, где они могут вызвать серьезные проблемы со здоровьем.

□ Утилизируйте отработанные батареи, собирая их и доставляя в центр сбора опасных бытовых отходов или центр утилизации.

□ Чтобы найти центры сбора и переработки отходов в США и Канаде, посетите bit.ly/aN1MLn.

□ Некоторые розничные торговцы принимают батареи для переработки, включая Best Buy, Home Depot, Radio Shack, Sears, Staples, Target и Walmart.

□ Никогда не сжигайте батареи любого типа.

□ Полностью разрядить литиевые батареи, чтобы потреблять содержание лития перед переработкой.

ПОНИМАНИЕ КОНЦЕПЦИЙ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

7.1 Фильм имеет четыре 20к характеристики питание от переносного генератора. а) какой ток они будут потреблять при 120 В? б) если питающий трансформатор включен и питается от переносного генератора, то какой ток потребляет система освещения при включении генератора на 240 В? с) сколько тока будет потребляться при 480 В?

7.2 Предположим, у вас есть однофазный трансформатор с соотношением оборотов 2:1, а его выход 240 В. Если вы перемонтируете его так, чтобы выход стал первичным, а вход-вторичным, каким будет выходное напряжение?

7.3 Посмотрите на левую сторону рисунка 7.8. Обратите внимание, что две формы сигнала вычитаются. Если бы вместо этого они были добавлены, что бы они добавили? С однофазным трехпроводным заземленным трансформатором средней точки, как показано на рисунке 7.14, при измерении напряжения от фазы к фазе, напряжения на двух обмотках складываются или вычитаются?

7.4 Нарисуйте векторное представление измеряемого напряжения на однофазном трехпроводном заземленном трансформаторе средней точки, как показано на рисунке 7.14. Сначала нарисуйте вектор, представляющий напряжение от центрального крана к одному из проводников фазы, показывающий напряжение и фазовый угол, а затем нарисуйте другой, представляющий напряжение от центрального крана к другому проводнику фазы.

7.5 Используйте Приложение 10: Всемирные напряжения тока и частоты для того чтобы найти следовать: а) каков допуск по напряжению в Австралии? Лос-Анджелес? б) если бытовое/коммерческое/промышленное напряжение в Австралии составляет 240 В, каков допустимый диапазон напряжений?

7.6 Если четырехполюсный генератор вращается со скоростью 1500 об / мин, какова частота напряжения, которое он производит?

7.7 Почему важно убедиться, что выключатели выключены перед запуском генератора?

7.8 Почему важно не менять переключатель выбора напряжения на генераторе во время его работы?

7.9 Почему трехфазный генератор, работающий в однофазном режиме, перекрывает только 2/3 своей мощности?

7.10 Если трехфазный генератор мощностью 1800 кВа настроен на однофазную зигзагообразную работу, сколько усилителей он может выдавать при 120 В?

7.11 Фильм имеет четыре 20к характеристики питание от переносного генератора. Если освещение питается через электронный балласт с коэффициентом мощности 0.7, сколько тока они будут рисовать на 240

В? Какой генератор нужно поставить их правильно?

7.12 Если система имеет 16 светодиодных светильников, каждый из которых 720 Вт с коэффициентом мощности 0,5, какой размер генератора вам понадобится для их питания?

7.13 Почему важно дать генератору остыть без нагрузки перед его выключением?

7.14 Почему важно заправлять топливный бак в генераторе после каждого использования?

7.15 Как часто следует менять фильтры портативного генератора?

7.16 Если аккумулятор имеет емкость 4800 мАч, как долго будет работать устройство, использующее его, если оно потребляет 0.75 а?

7.17 В 400/230 В, три фазы фидера трансформатора является номинальная 75 кВа. Сколько тока он будет поставлять при 230 В?

7.18 Какой размер трансформатора требуется для питания системы с нагрузкой 175 кВт и средним коэффициентом мощности 0,75? Если мы хотим позволить накладные расходы 20%, Какой размер трансформатора тогда потребуются?

7.19 Почему не рекомендуется смешивать типы литиевых батарей, батареи разного возраста или разных производителей?

7.20 Почему небезопасно носить литиевые батареи в карманах одежды?

Электрическая безопасность

"Смерть бедного мальчика Стрейффера, который 15 апреля задел телеграфный провод на Восточном Бродвее и был мгновенно убит, сопровождается смертью Мистера Витте перед 200 Бауэри и Уильяма Мюррея на Бродвее 616, 11 мая и в любой день может добавить новые жертвы в список."

Гарольд Браун, в письме в "Нью-Йорк Пост", 5 июня 1888 г.

Вы когда-нибудь получали удар током? Шансы у вас есть. Ты выжил? Конечно, ты знал. Но другим повезло меньше. Почему, когда некоторые люди шокированы, они уходят от этого, а другие нет? Ответ связан с Законом Ома.

Согласно закону Ома, когда вы получаете удар, количество тока, который протекает через ваше тело, зависит от напряжения и сопротивления вашего тела. И помните: это течение может причинить вам вред. Напряжение имеет значение только потому, что оно является частью того, что определяет, сколько тока будет протекать. Вы можете испытать удар с очень высоким напряжением тока и все еще выдержать, если вы представляете высокоимпедансное к источнику силы. Например, если вы носите резиновые перчатки и обувь на резиновой подошве, то ваше сопротивление повышается. Однако, если вы босиком и стоите в луже воды, то не потребуется много напряжения, чтобы нанести серьезный вред.

Некоторые люди были потрясены очень высоким напряжением и сумели выжить из-за обстоятельств. С другой стороны, я однажды читал о человеке, который был убит электрическим током всего в 30 вольт. Ключом к защите себя является понимание того, сколько тока требуется, чтобы причинить вам вред, и как защитить себя и окружающих от воздействия опасного тока, протекающего через ваше тело.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ШОК

Есть много вещей, которые влияют на тяжесть поражения электрическим током, когда человек вступает в контакт с живым проводником, но наиболее важными факторами являются величина тока, протекающего через тело человека и времени его потоков. Путь, который ток проходит через человеческое тело, также является определяющим фактор тяжести травмы. Наибольший ущерб причинен электричеством, проходя через жизненно важные органы, такие как легкие, сердце, мозг и почки.

Величина тока, протекающего через тело, и, следовательно, тяжесть удара зависит от импеданса человеческого тела и любой защитной одежды, такой как резиновые перчатки или обувь на резиновой подошве. Полное сопротивление человеческого тела варьируется в зависимости от условий, области, которая вступает в контакт с проводником, и пути, по которому ток проходит через тело, а также от формы тела, возраста, веса и пола. Влажная кожа является более проводящей, чем сухая кожа, и чем длиннее путь через тело, тем выше импеданс. Значение сопротивления может варьироваться от нескольких сотен ом до нескольких тысяч ом. В таблице 8.1 приведены некоторые значения сопротивления в омах для различных частей тела.

Таблица 8.1 Значения импеданса для различных частей тела.

	Полное сопротивление	
	Сухой	Мокрый
Касание пальца	40 к–1 м	4-15 к
Рука, держащая провод	10-50 к	3-6 к
Палец-большой палец схватить*	10-30 к	2-5 к
Рука держит плоскогубцы	5-10 к	1-3 к
Касание ладони	3-8 к	1-2 к
Вручите вокруг 1½-в трубе (или ручке сверла)	0.5–1.5 к	—
Погружение рук	—	200–500
Погружение ног	—	100–300
Человеческого тела, внутренние, кроме кожи	—	200–1000

* Интерполированные данные

Источник: Эта таблица была составлена от Кувенховен и Милнер. Разрешение получено из поместья Ральфа Ли Кадиком, Капелли-Шеллпфедером, Нейцелем и Уинфилдом. Перепечатано из Джона Кадика, Мэри Капелли-Шеллпфедер, Деннис Нейцель и Аль Уинфилд, Руководство по электробезопасности, 4-е издание (McGraw Hill, 2012).

В соответствии с таблицей 8.1, если вы возьмете трубу диаметром 1 ½ дюйма, то полное сопротивление будет приблизительно от 500 до 1500 Ом. Если мы используем 1000 Ом в качестве среднего значения, то, согласно закону Ома, 120-вольтный удар вызовет 120 миллиампер тока, протекающего через тело, в то время как 240 - вольтный удар вызовет 240 миллиампер. Этого достаточно, чтобы убить человека? Рисунок 8.1 показывает, что менее 100 миллиампер могут быть смертельными. Согласно книге "Введение в электрическую инженерию" (Prentice Hall, 1995. Irwin & Kerns), для поражения электрическим током с частотой 60 Гц диапазон от 100 до 200 миллиампер, скорее всего, будет фатальным.

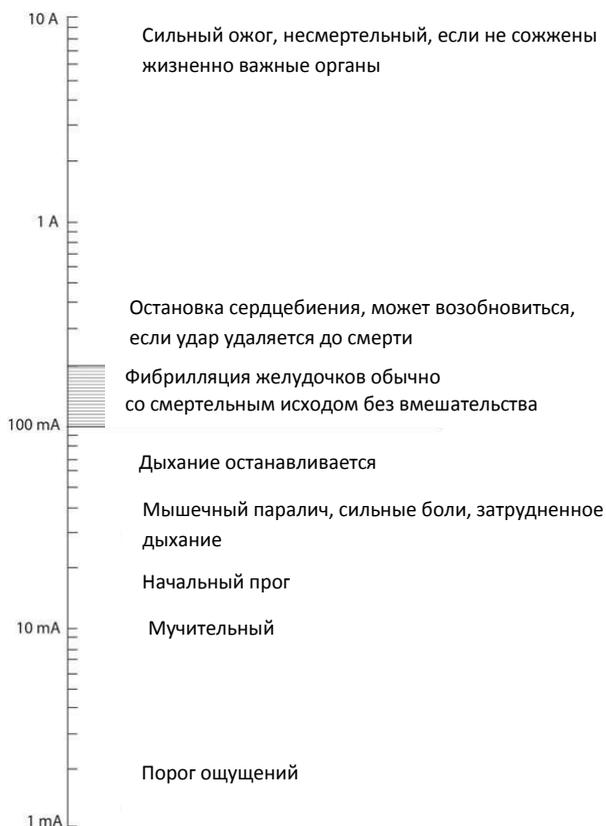


Рисунок 8.1

Последствия поражения электрическим током. Диапазон от 100 до 200 миллиампер, скорее всего, будет фатальным. Более высокие токи могут сжимать сердце, пока ток не будет удален; тогда сердце может начать биться снова само по себе.

Не нужно много тока, чтобы вызвать летальный исход. Человеческое тело производит электрические импульсы порядка одной миллионной ампер, которые ускоряют работу сердца. Всего от 100 до 200 миллиампер, проходящих через сердце, могут нарушить его естественный ритм и привести к фибрилляции, то есть он не бьется регулярно. Когда это происходит, сердце трепещет и не может доставить необходимый кислород в крови, вызывая их гибель.

У нас есть определенный контроль над импедансом, который мы представляем источнику питания, и, следовательно, количеством тока, который будет протекать через нас в случае, если мы получим шок. Мы можем увеличить импеданс, надев защитную одежду, включая перчатки с номинальным напряжением, устойчивую к ударам электрическим током (ЭТ) обувь и толстые носки.

Мы также можем помочь защитить от поражения электрическим током из-за случайный контакт с находящимися под напряжением частями, используя изолированные инструменты, удаляя металлические украшения, такие как ювелирные изделия, особенно оборванные ювелирные изделия, такие как ожерелья или серьги, и используя ковер или коврик для протирки, чтобы стоять в случае, если пол голый бетон. (Я путешествую с резиновым ковриком для йоги.) Само собой разумеется, что вы никогда не должны стоять в воде при работе на электрооборудование.

Мы можем помочь защититься от опасности возникновения дуговых вспышек и электрического пожара, надев длинные брюки с дугowymi вставками и рубашку с длинными рукавами. Они сделаны из натуральных волокон, таких как хлопок, шерсть, вискоза или шелк, или из инженерных материалов, таких как метаарамид, параарамид и полибензимидазол. Никогда не надевайте нейлон или другие синтетические материалы, потому что они могут таять в коже в случае вспышки дуги или электрического пожара. (См. Одежда, стр. 146.)

В некоторых случаях мы должны носить каску, особенно если есть опасность падения предметов, что особенно верно во время загрузки и выгрузки, или когда буровые установки находятся в воздухе. Некоторые люди отвергают ценность ношения каски, говоря, что если снаряжение падает на голову, то каска не поможет. Это может быть или не быть правдой, но гораздо более вероятно, что на вашу голову упадет штифт, ключ или гаечный ключ или какой-то другой предмет, и в этом случае каска может означать разницу между испугом или тяжелой травмой. Если мы работаем с живыми электрическими системами, то она должна быть электрически изолирующей, как класс G или E, или эквивалент международных стандартов. Шлем класса G предназначен для противостояния удару падающих объектов и снижения опасности воздействия электрических проводников до 2200 вольт, а шлем класса E предназначен для противостояния удару падающих объектов и снижения опасности воздействия электрических проводников до 20 000 вольт. Они также имеют не плавящиеся головки, что очень важно для защиты от травм из-за вспышки дуги или электрического пожара. Были сообщения о лайнерах, плавящихся на коже, что ухудшает травму.

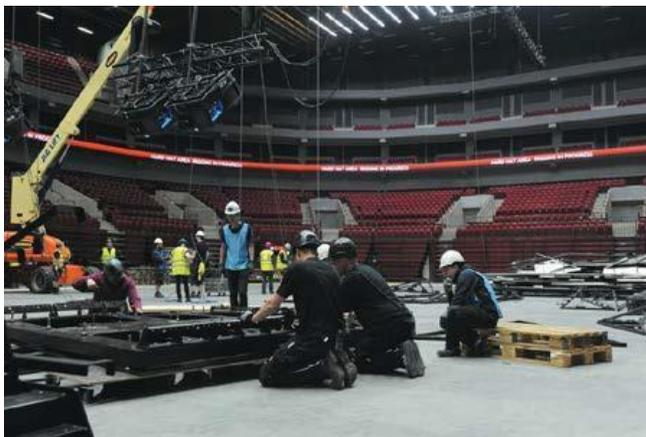


Рисунок 8.2

Каски следует носить, когда есть возможность падения предметов, что особенно актуально при загрузке и выгрузке. (Фото предоставлено Joan Melzig, M&M Production Management.)

Принимая меры предосторожности и действуя разумно, мы можем снизить риск поражения электрическим током. Согласно закону Ома, если мы можем поднять наш импеданс, то мы уменьшим ток, проходящий через наше тело в несчастном случае, когда мы вступаем в контакт с живой цепью. Если нам удастся снизить ток, то у нас будет больше шансов выжить.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

Воздействие электрического тока на организм человека колеблется от легкого восприятия до тяжелых ожогов. В таблице ниже показано, как люди реагируют на электрический ток.

Таблица Влияние электрического тока на организм

Влияние тока	Ток-Мужчины	Ток-Женщины*
Порог восприятия	1 мА	0.7 мА
Небольшой шок (отсутствие боли)	1.8 мА	1.2 мА
Болевой шок	9 мА	6 мА
Тяжелый шок— потеря мышечного контроля, затрудненное дыхание) – " отпустить ток”	23 мА	15 мА
Фибрилляция желудочков (3-й ударной)	100 мА	100 мА
Фибрилляция желудочков (1-й ударной)	200 мА	200 мА
Сердце останавливается	500 мА	500 мА
Ткани и органы горят	1.5 А	1.5 А

* Поскольку женские каркасы и части тела часто меньше, чем мужские, женщины, как правило, страдают от повреждений при более низких значениях плотности тока или воздействия. *Источник:* Рекомендации по электробезопасности Министерства энергетики США

Большинство людей начинают воспринимать ток примерно от 0,2 до 0,5 миллиампер. Ток около 0,5 миллиампер достаточно, чтобы напугать человека. Хотя этот уровень тока, скорее всего, не вызовет каких-либо серьезных повреждений, если вы будете на высоте без защиты от падения это может привести к очень серьезной ситуации. Около 10 миллиампер, 1,5% мужчин, 40% женщин и 92,5% детей сокращают свои мышцы до такой степени, что они не могут отпустить. В 20 мА 92,5% мужчин и 100% женщин и детей не могут отпустить. На 30 мА, никто не может отпустить. Максимальный уровень тока, допустимый практически для каждого человека, чтобы иметь возможность отпустить, составляет 6 мА, что является значением отключения прерывателей цепи выключатель короткого замыкания на землю класса А (ВКЗЗ), которые предназначены для защиты жизни человека. Ток от 10 мА до 60 мА, проходящий через тело человека может вызвать затруднение дыхания. Если кто-то замерзнет от живого проводника тока, то он может перестать дышать достаточно долго, чтобы задохнуться.

БЕЗОПАСНАЯ РАБОТА

Чтобы защитить себя от опасностей электричества, избегайте работы с или вокруг живых электрических систем, когда это возможно. Большинство цепей можно обесточить, отключив их с помощью разъединителя, выключателя или переключателя. Чтобы гарантировать, что цепь остается обесточенной во время работы, она должна быть заблокирована и помечена лицом, выполняющим работу, или в некоторых случаях, когда задействовано более одного человека, она может быть заблокирована и помечена лицом, ответственным за организованную процедуру.

В Соединенных Штатах существует стандарт, опубликованный Национальной ассоциацией пожарной защиты (НАПЗ) для обеспечения безопасных условий труда при выполнении незначительного технического обслуживания, обслуживания, регулировки, очистки или инспекции квалифицированным лицом. Он называется НАПЗ 70E - Стандарт по электробезопасности на рабочем месте, а в Канаде эквивалент CSA Z462, Стандарт электробезопасности на рабочем месте. Эти документы предоставляют методы для оценки опасности, связанной с конкретной задачей или процедурой, расчета "границ защиты" или безопасной работы при работе на или вблизи электрических проводников или частей цепи, которые находятся под напряжением или могут оказаться под напряжением, и они дают указания о процедурах блокировки/маркировки и ношении соответствующих средств индивидуальной защиты для конкретного проекта или задачи.

Прямого эквивалентного стандарта в Европе или Австралии нет, однако принципы оценки опасностей, применения замков и меток для предотвращения случайного включения оборудования и использования средств индивидуальной защиты универсальны. В США нет национального применения НАПЗ 70E; его цель - повысить осведомленность, помочь людям оценить риски, связанные с работой с электричеством и вокруг него, обучить людей распознавать опасности работы и помочь защитить себя от этих опасностей.

БЛОКИРОВКА И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Цепь должна быть выключена перед попыткой любого обслуживания, ремонта или устранения неполадок, и замок должен быть применен, чтобы предотвратить случайное повторное включение до завершения работы. Это называется процедурой блокировки / разметки, и это так же, как звучит. Детали процедуры описаны в статье 120 НАПЗ 70E, устанавливая электрически безопасное условие работы.

Существуют две разные классификации блокировки / разметки; простая блокировка / разметка и сложная блокировка / разметка. * Обе процедуры вызывают приложение

* Раньше существовало три классификации, одна из которых называлась "индивидуальный квалифицированный контроль сотрудников", но с тех пор она была ликвидирована. Это было, когда оборудование было обесточено для

незначительного обслуживания, обслуживания, настройки, очистки или осмотра квалифицированным лицом, и работа могла быть сделана без размещения замка или метки на разъединении, если оно было рядом с работой, сотрудник мог ясно видеть его во время выполнения работы, и работа не выходила за пределы одной смены. Эта классификация была устранена в версии НАПЗ 70Е 2012 года.

замка и бирки к разъединению после обесточивания цепи и перед работой на оборудовании. Вы должны убедиться, что идентифицировали все возможные источники энергии, используя современные чертежи электрической системы и/или идентификационные метки. Иногда аварийное резервное электропитание, специально для освещения выхода в театрах и Космосах представления. Вы также должны отключить все, прежде чем открывать разъединение. Прерывание цепи под нагрузкой, особенно цепи с большим током, опасно. (Чтобы узнать, что происходит при прерывании цепи под нагрузкой, посетите <http://youtu.be/hIkNY5xjy5k>.)

Замок может быть ключом или кодовым замком, но он должен идентифицировать человека, который его установил. Замки, изготовленные с этой целью, имеют место для записи вашего имени и контактной информации, а также заявления о запрете несанкционированной эксплуатации или удаления. Ключ или комбинация должны всегда оставаться с человеком, который его установил, чтобы он не мог быть использован для разблокировки разъединения до завершения работы.

После выключения питания и применения замка и метки, но перед касанием любой части цепи, проверьте напряжение, используя соответствующую категорию вольтметра (см. категории счетчиков в главе 3). Убедитесь, что вольтметр работает должным образом перед каждым использованием, включив его и замкнуть провода, чтобы увидеть, если он подает звуковой сигнал и отображает непрерывность. Затем проверьте напряжение между каждой фазой на землю или землю, а также между фазами.

Если есть вероятность, что может быть электромагнитно индуцированное напряжение или накопленная энергия, убедитесь, что между частью цепи и землей или землей подключен проводник. Проводник должен быть достаточно большим, чтобы справиться с коротким замыканием без плавления (плавления в два).

Рисунок 8.3

Процедура по замыкания / бирки обеспечивает что оборудование обесточено, заблокировано и протестировано, прежде чем кто-либо будет работать над ним.



ПРОСТАЯ БЛОКИРОВКА И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ПРОТИВ СЛОЖНОЙ БЛОКИРОВКИ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ

Простая процедура блокировки / разметки может быть выполнена, когда задействован только один канал, и работа выполняется одним «квалифицированным» лицом. Квалифицированный человек-это в основном тот, кто имеет электрические навыки и знания и был обучен распознавать опасности работы. Процедура заключается в обесточивании нагрузки и установке замка на оборудование, чтобы предотвратить его повторное включение до тех пор, пока он не будет готов к возврату в эксплуатацию. В простой блокировке/метке работник отвечает за свою собственную блокировку/метку.

Если есть несколько источников энергии, несколько бригад, несколько судов, несколько мест, несколько работодателей, различные средства отключения или конкретное требование последовательности, или если работа будет продолжаться после одной рабочей смены, то должна быть выполнена сложная процедура блокировки/маркировки. Затем должен быть назначен квалифицированный специалист, несущий общую ответственность. Он также требует письменного плана выполнения и включает в себя планирование, координацию, применение устройств блокировки/маркировки, удаление устройств блокировки/маркировки и выпуск для возврата в эксплуатацию.

В случаях, когда оборудование не позволяет использовать замок, процедура разметки используется по крайней мере с одной другой мерой безопасности. В большинстве разъединителей будет размещен навесной замок для блокировки переключателя в положении “выкл”, а в Соединенных Штатах оборудование, которое было установлено после 2 января 1990 года, требуется для принятия устройства блокировки. Замок может быть замком с ключом или кодовым замком, а ключ или комбинация должны находиться у лица, установившего замок, или, в случае установленной процедуры, у ответственного лица. Замок должен иметь этикетку или какое-либо другое средство идентификации лица, которое его установило, и он должен сопровождаться биркой, указывающей, что несанкционированному персоналу запрещено извлекать устройство или работать с отключением. Он должен быть пригоден для окружающей среды и продолжительности выполняемой работы.

Любая накопленная энергия должна быть выпущена, включая подпружиненные механизмы, такие как большие автоматические выключатели. Запасенная энергия может быть в форме электрической энергии, такой как конденсаторы коррекции коэффициента мощности, или это может быть запасенная механическая энергия, такая как противовесная рейка. Небольшой конденсатор может быть обесточен, разрядив его через резистор последовательно со светодиодом. Например, автоматически сопряженные огни с магнитным балластным источником питания и конденсатором коррекции коэффициента мощности могут быть разряжены таким образом. В других

случаях цепь должна быть отключена и оставить в покое на несколько дней, пока его саморазряд. Например, есть действующий центр искусств с подземной железнодорожной станцией под ним, и когда они недавно отремонтировали его, им пришлось подождать 72 часа после обесточивания цепи, чтобы позволить ей саморазрядиться.

Перед началом работы с обесточенной цепью необходимо убедиться в невозможности перезапуска оборудования путем проверки работы редуктора. Затем напряжение должно быть измерено, чтобы подтвердить, что цепь не работает, и заземляющие устройства должны быть установлены на время работы, если они потребуются.

Приложении G НАПЗ 70E приведен пример процедуры блокировки / разметки, в которой подробно описывается каждый шаг, который необходимо предпринять во время блокировки. Если вы занимаетесь установкой, обслуживанием или ремонтом электрооборудования, то неплохо получить копию, посетив www.nfpa.org. Существует много других требований и процедур, связанных с процедурой блокировки/метки. Этот текст не предназначен для замены NFPA 70E.

ВСПЫШКА ДУГИ И ДУГОВОЙ РАЗРЯД

В дополнение к опасностям прямого поражения электрическим током, производственный электрик сталкивается с другими опасностями, включая дуговую вспышку и дуговой взрыв. Согласно НАПЗ, большинство электрических аварий, требующих госпитализации, вызваны дугowymi ожогами, а не из-за поражения электрическим током. Только в Соединенных Штатах более 2000 человек ежегодно поступают в ожоговые центры с тяжелыми ожогами из-за вспышки дуги.

Вспышка дуги может произойти, когда есть разница в потенциале между двумя открытыми проводниками или живым открытым проводником и заземленной или заземленной контактной поверхностью. Воздух между двумя частями может ионизироваться, и когда это происходит, он превращается из изолятора в проводящую среду. Если разница в

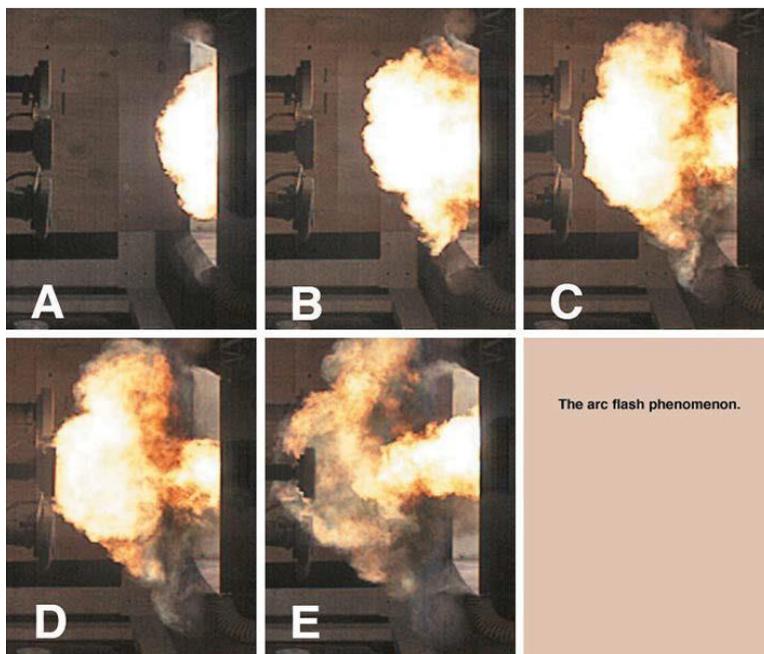


Рисунок 8.4

Последовательность вспышки дуги показана с интервалом в 1 миллисекунду. Это 480-вольтовой системы. (Фото предоставлено Ferraz Shawmut.)

напряжение достаточно высокое или расстояние между двумя частями достаточно короткое, оно может создать дугу. Как только это происходит, окружающий воздух становится более кондуктивным и больше тока будет течь, вызывая цепную реакцию. Пожар может вспыхнуть, что поглощает окружающий воздух, а затем рассеивается в очень короткий промежуток времени, предполагая, что защита от перегрузки по току делает свою работу. Температура воздуха может достигать $19,427^{\circ}\text{C}$ ($35,000^{\circ}\text{F}$). Если кому-то не повезло быть в зона вспышки дуги, они могут быть сильно сожжены.

В дополнение к опасности вспышки дуги вспышка может произвести взрыв с огромным давлением. В присутствии сверхвысоких температур, создаваемых дуговой вспышкой, медь и другие металлы могут испаряться и расширяться до 67 000 раз, образуя ливень расплавленного металла. Взрыв может достигать тысячи фунтов на квадратный фут и вызвать большие повреждения, включая разрыв барабанных перепонок, коллапс легких, сотрясения и разрывы внутренних органов.

Вероятность вспышки дуги увеличивается с увеличением напряжения: чем выше напряжение для данного расстояния дуги, тем больше вероятность того, что это может произойти. Размер плазменного шара, образующегося при

дуговой вспышке, зависит от имеющегося тока повреждения. В общем, чем больше проводники, тем выше имеющийся ток повреждения и тем хуже будет авария.

Вспышка дуги может быть инициирована несколькими триггерами. Пыль, примеси, и коррозия изоляторов могут начать дугу и причинить ее блеснуть вверх. Конденсация воды или капающая вода могут также создать проводящий путь для дуги, чтобы вспыхнуть. Иногда дуги возникают из-за того, что человек случайно касается живой детали или роняет инструмент в живое оборудование. Проводники также могут мигать, если напряжение достаточно высокое, а зазор с другим проводником или землей достаточно короткий. И несколько раз изоляционный материал ломается, позволяя дуге прыгать через него или вокруг него.

Рисунок 8.5

Дуговая вспышка снимается со скоростью 10 000 кадров в секунду. (Любезно Феррас Shawmut высокой мощности лабораторий.)



Вспышка дуги может быть очень опасной. Учитывая характер распределения мощности производства живых событий, это очень реальная возможность. Я действительно видел, как это произошло в коммутаторе компании на 400 ампер. К счастью, в этом случае никто не пострадал, но есть и другие люди в индустрии развлечений, которым не так повезло.

РАБОЧАЯ ФАЗА

Работа на живом оборудовании чрезвычайно опасна и не должна быть предпринята неквалифицированным персоналом. Квалифицированный персонал должен делать это только в крайнем случае, используя предельную осторожность с надежными средствами индивидуальной защиты. Если нет разъединителя или если отключение питания создаст опасность, такую как отключение аварийной сигнализации, вы должны получить письменное разрешение от Службы безопасности (если применимо), руководства или владельца имущества, если только работа не будет выполняться строго для тестирования, устранения неполадок, измерения напряжения или визуального осмотра, где граница ограниченного подхода не будет пересечена. Подписанное разрешение должно содержать описание выполняемой работы и обоснование работы в прямом эфире. В одном из приложений НАПЗ 70E имеется образец формы разрешения "разрешение на электромонтажные работы под напряжением".

ГРАНИЦЫ ЗАЩИТЫ ОТ УДАРОВ

Необходимо провести анализ опасности поражения электрическим током для определения напряжения, которому может подвергаться работник, границ защиты от удара (максимальное допустимое расстояние до проводника, находящегося под напряжением, допустимое на основании квалификации) и подходящих средств индивидуальной защиты для использования на работе. Существует три границы защиты от ударов: граница ограниченного подхода для неквалифицированного персонала, граница ограниченного подхода для квалифицированного персонала и граница защищенного подхода для всех, независимо от квалификации. Каждый раз, когда вы находитесь внутри ограниченной границы подхода, вы должны носить изолированные перчатки или изолированные перчатки и рукава. Расстояния этих границ определены напряжением тока под напряжением, котор подвергли действию проводника и определены путем использование таблицы 130.4(C)(a) НАПЗ 70E.

Большую часть времени мы в индустрии производства живых событий работаем вокруг напряжений в диапазоне от 50 до 300 вольт, что означает, что ограниченная граница подхода для подвижного проводника, такого как лопасти открытого переключателя, составляет 3 метра (10 футов), ограниченная граница подхода для неподвижного проводника, такого как шина, составляет 1 метр (3,3 фута), а ограниченная граница подхода, а также запрещенная граница подхода просто говорят: "избегайте контакта." Поэтому, пока вы не касаетесь живого проводника под напряжением 300 вольт, он, вероятно, не будет мигать. Однако, неквалифицированный персонал, т. е. талант, ремесло, услуг или общественного питания, некоторые управления и т. д. не должно быть в пределах 3 метров.

Иногда мы работаем с более высокими напряжениями, такими как 480-вольтовые или 600 - вольтовые преобразователи или генераторы. В этом случае границы защиты изменяются в диапазоне от 301 вольт до 750 вольт. Тогда ограниченная граница подхода для подвижных или неподвижных проводников одинакова (3 метра и 1 метр соответственно), но ограниченная граница подхода составляет 0,3 метра (1 фут), а запрещенная граница подхода составляет 25 миллиметров (1 дюйм).

Когда мы работаем на открытом воздухе и есть воздушные линии электропередачи, так как они обычно не изолированы, они являются проводниками под напряжением. Большую часть времени напряжение этих линий не очевидно, поэтому человек квалифицирован, чтобы определить или определить напряжение должно быть вызвано. Политика воздушных линий электропередачи гласит, что вы не Должны находиться в пределах 3 метров от любой воздушной линии электропередачи до 50 киловольт, и это расстояние следует увеличивать на 100 миллиметров (4 дюйма) на каждые

10 кВ. Например, воздушная линия электропередачи 69,000 вольт требует зазора 4,9 метра или около 16 футов 4 дюйма ($69,000 - 50,000 =$

$19,000$; $19,000 \div 10,000 = 19$; $19 \times 100 = 1900$ миллиметров или 1,9 метра; 3 метра + 1,9 м = 4.9 метра или около 16.3 футов). Это требование допуска должно включать любое удлинение вашего тела, например, инструменты, опоры лесов, стойки для опор или опоры и т. д.

ГРАНИЦА ВСПЫШКИ ДУГИ

Граница вспышки дуги - это расстояние от открытого проводника, внутри которого в случае вспышки дуги вы можете получить ожоги второй степени. Технически, это расстояние, на котором падающая энергия составляет 5 джоулей на квадратный сантиметр или 1,2 калории на квадратный сантиметр. Расстояние рассчитывается путем анализа опасности вспышки, который также определяет категорию риска и соответствующие средства индивидуальной защиты для использования (см. средства индивидуальной защиты ниже). Чтобы рассчитать границу вспышки дуги, вам необходимо знать напряжение, размер или трансформатор в МВА, полное сопротивление трансформатора, питающего систему (оба указаны на паспортной табличке трансформатора), и время отключения выключателя. Для типов систем, с которыми мы имеем дело в индустрии развлечений, граница вспышки дуги может варьироваться от менее метра до нескольких метров.

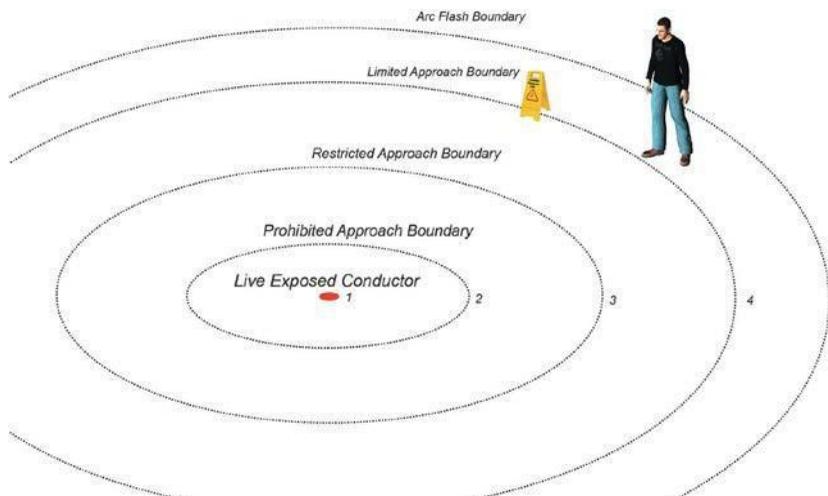


Рисунок 8.6

Границы защиты от ударов (граница ограниченного приближения, граница ограниченного приближения и граница запрещенного приближения) зависят от напряжения на проводнике, находящемся под напряжением. Граница вспышки дуги зависит от наличия аварийного тока.

В НАПЗ 70Е есть две таблицы, которые предоставляют категории опасности/риска для определенных задач, которые обычно выполняются электриками. Они приведены в таблице 130.7 с) 15 а) классификации категорий опасности/риска и использование резиновых изолирующих перчаток и изолированных и изолирующих ручных инструментов для оборудования переменного тока, а также

Таблица 130.7 с) 15) б) классификация категорий опасности/риска и использование резиновых изолирующих перчаток и изолированных и изолирующих ручных инструментов для оборудования постоянного тока. Эти таблицы могут быть использованы для определения категории риска и типа средств индивидуальной защиты, необходимых для выполнения конкретной задачи. Эти задачи могут быть спрошены, что выполняют электрики и техники продукции зрелищности.

Например, проверки электрооборудования, которые не связаны с контактом и находятся за пределами ограниченной границы подхода, такие как инфракрасная термография, относятся к категории опасности/риска 0 и не требуют резиновых перчаток или изолированных ручных инструментов. Кроме того, некоторые задачи, требующие контакта, такие как работа автоматических выключателей или работа плавкого выключателя, относятся к категории 0. Но любая задача, связанная с электрическими проводниками и

частями цепи, такими как испытание на напряжение, снятие или установка автоматических выключателей или плавких выключателей, подпадает под категорию опасности/риска 1 и требует использования резиновых перчаток и изолированных ручных инструментов.

Обратите внимание, что это относится к оборудованию с номинальным напряжением 240 В и ниже с максимальным доступным током короткого замыкания 25 000 ампер, максимальным временем устранения неисправностей 0,03 секунды (2 цикла) и минимальным рабочим расстоянием 46 сантиметров (18 дюймов). Учитывая эти параметры, граница потенциальной дуговой вспышки с открытыми проводниками или частями цепи составляет 48 сантиметров (19 дюймов). Если напряжение выше 240 В, то категория опасности/риска повышается.

Аналогичное, но более отраслевое руководство предлагает Целевой фонд управления контрактными услугами, который является некоммерческой организацией, предоставляющей обучение и руководство для индустрии кино и телепроизводства. "Бюллетень По Безопасности №23 Добавление D: Руководство по работе с переносными системами распределения электроэнергии и другим электрооборудованием" можно найти по адресу www.csatf.org/pdf/23ELECTRICAL.pdf.

СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ (СИЗ)

Если вы должны работать внутри границы ограниченного подхода или границы дуговой вспышки, необходимо использовать правильные средства индивидуальной защиты (СИЗ). Граница приближения, которая является определенным расстоянием от живого проводника, зависит от напряжения, и ее можно определить с помощью таблицы 130.4(C)(a) в НАПЗ 70E. Тип или уровень используемого СИЗ зависит от категории опасности/риска.

Границы защиты от ударов связаны с напряжением, но граница вспышки дуги связана с количеством энергии, которое может быть высвобождено при вспышке дуги. Они независимы друг от друга. Граница вспышки дуги определяется путем вычисления энергии падения в калориях на квадратный сантиметр с использованием размера питающего трансформатора в мегавольт-амперах и количества времени, в течение которого дуга подвергается воздействию рабочего, измеренного в секундах. Время выставки зависит от типа предохранителя или выключателя. Полную информацию см. В информационном приложении D: Методы расчета границ энергии инцидента и вспышки дуги в НАПЗ 70E. В качестве альтернативы можно использовать таблицы 130.7 (C) (15) (a) и 130.7 (C)

15) б) определение категории опасности/риска и требований к использованию резиновых изолирующих перчаток и изолированных и изолирующих ручных инструментов.

Как только вы узнаете категорию опасности/риска, была ли она определена путем расчета энергии инцидента или с помощью таблицы 130.7(C)(15)(а) НАПЗ

70E, тогда таблица 130.7(C)(16) в НАПЗ 70E может быть использована для определения надлежащего уровня СИЗ. Если требуется одежда с номинальной дугой, то номинальная дуга одежды обеспечивается изготовителем.

ОДЕЖДА, ИМЕЮЩАЯ КЛАСС ЗАЩИТЫ ОТ ВСПЫШКИ ДУГИ

Американское общество по испытанию материалов разработала рейтинговую систему для одежды с рейтингом дуги, которая называется «значение электродугового термического воздействия». Он основан на количестве тепловой энергии в калориях на квадратный сантиметр, от которого он защитит. Например, одежда с значением 5 электродугового термического воздействия означает, что она защитит от тепловой энергии до 5 калорий на квадратный сантиметр. Чем выше значение электродугового термического воздействия, тем лучше он защищает от тепловой энергии.

Такие ткани, как обработанный хлопок, метаарамид, параарамид и полибензимидазол, могут обеспечить некоторую защиту от вспышки дуги. Одежда, которая выдерживает более 4 калорий тепла на квадратный сантиметр, считается рассчитанной на дугу. Они производятся под торговыми марками, такими как Indura, Nomex и т. д. Эти предметы могут воспламениться, но они не будут продолжать гореть. Одежда с рейтингом по дуге и другие средства индивидуальной защиты по дуге требуются для категорий опасности / риска от 1 до 4, что имеет место в любое время, когда существует вероятность воздействия вспышки дуги более 1,2 калории на квадратный сантиметр (5 джоулей) за квадратный сантиметр, что является порогом для ожога второй степени. Требуемый рейтинг значение электродугового термического воздействия этой одежды основан на рейтинге высокая отключающая способность.

Задачи высокая отключающая способность 0, такие как управление автоматическим выключателем, не требуют одежды с дуговой изоляцией, но требуют не плавящегося натурального волокна, такого как необработанный хлопок, шерсть, вискоза, шелк, или смесей этих волокон с весом ткани не более минимум 4,5 унции за квадратный ярд. (Район на основе целлюлозы, который сделан из древесной массы.) Эти волокна легковоспламеняющиеся, но не плавятся. С другой стороны, полиэстер, ацетат, акрил, нейлон, полиэтилен, полипропилен и спандекс - это все материалы, которые имеют низкую температуру плавления и будут плавиться и капать. Эти волокна не

следует носить, потому что в случае вспышки дуги, они сделают травмы хуже. И согласно администрации по охране труда и технике безопасности, “одежда не может способствовать травме работника”, что означает, что ее нельзя носить.

Защита рук от повреждений

Если есть возможность поражения электрическим током, то вы должны носить резиновые изоляционные перчатки, рассчитанные на напряжение вместе с кожаными протекторами. Если есть возможность травмирования кистей и рук, то помимо резиновых изолирующих перчаток и кожаных протекторов следует носить резиновые изолирующие рукава.

В некоторых случаях граница вспышки дуги выходит за пределы ограниченной границы подхода. Если вы находитесь за пределами ограниченной границы защиты, но внутри

Граница дуги вспышки, тогда вы можете носить сверхпрочные кожаные перчатки для защиты от дуги вспышки, если они сделаны полностью из кожи толщиной не менее 0,7 миллиметра (0,03 дюйма). Они могут быть без подкладки или облицованы негорючим, неплавящимся материалом.

В других случаях граница вспышки дуги находится внутри ограниченной границы защиты. Если вы находитесь внутри ограниченной границы защиты, то вы можете носить резиновые изоляционные перчатки с кожаными протекторами, и это удовлетворяет требованию защиты от дуговой вспышки.

Рисунок 8.7

Резиновые изолирующие перчатки и кожаные протекторы следует надевать при любой возможности поражения электрическим током.



Другие средства защиты

В дополнение к дуговой защите одежды, руки рук могут быть и другие требования к СИЗ. К ним относятся:

- Защита глаз-для категории опасности/риска 0 или 1 следует носить защитные очки или очки.
- Защита лица-для категории опасности/риска 2, 3 или 4 следует использовать капюшон с дуговой вспышкой или дуговой лицевой щиток

вместе с дуговым головным убором, называемым Балаклавой. Если вы носите защитную маску, она должна обернуться вокруг, чтобы защитить лицо, подбородок, лоб, уши и шею, а также защитные очки или защитные очки следует носить под защитной маской.

□ Защита слуха-вкладыши ушного канала требуются в любое время, когда вы находитесь внутри границы дуги-вспышки. Поскольку лицевой щиток следует носить для оценок высокая отключающая способность 1 и выше, и поскольку требуется обернуть вокруг лица для защиты ушей, нет особых требований к типу вставок ушного канала, которые будут использоваться. Лицевой щиток обеспечит защиту от плавления беруш.

□ Каска - для любого ВОС от 1 до 4 требуется каска с дугообразным вкладышем для каски. Для защиты от ударов требуется каска класса G (общая) или E (электрическая). Класс G каска для защиты от ударов и снижает опасность током до 2200 В. класс E каска для защиты от ударов и уменьшает опасность шока до 20000 В.

□ Защита ног - поскольку шаг и сенсорный потенциал обычно не являются проблемой в производстве живых событий, диэлектрические галоши обычно не используются. Однако обувь с рейтингом (электрическая опасность) обеспечивает дополнительную защиту от поражения электрическим током в сухих условиях. Ботинки с электрической опасностью рассчитаны на то, чтобы выдерживать до 14000 В при 60 Гц в течение до одной минуты и допускают менее 3 мА в сухих условиях.



Рисунок 8.8

Ботинки с электрической опасностью сделаны с непроводящими подошвами и пятками, и расклассифицированы для того чтобы выдерживать вверх до 14000 в при 60 Гц в течение одной минуты и не проводить более 3 мА в сухих условиях.

ПОНИМАНИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ ТЕРМИНОЛОГИИ

8.1 Назовите хотя бы три фактора, которые влияют на полное сопротивление человеческого тела.

8.2 Если человек оборачивает сухую руку вокруг 1½-дюймовой трубы, каков диапазон сопротивления?

8.3 Если человек оборачивает сухую руку вокруг 1½-дюймовой трубы, как в 8.2 выше, и труба питается до 120 В, сколько тока будет протекать? Достаточно ли тока, чтобы вызвать летальный исход? Сколько тока будет протекать, если труба питается до 230 В? Достаточно ли тока, чтобы вызвать летальный исход?

8.4 Сколько тока требуется, чтобы заставить сердце перейти в фибрилляцию?

8.5 Назовите по крайней мере три способа увеличить импеданс источника питания.

8.6 Почему вы должны носить натуральные волокна, такие как хлопок, шерсть или вискоза, а не синтетические волокна, когда вы работаете с электричеством?

8.7 Предположим, вы схватили 1½-дюймовую металлическую трубу, а импеданс равен 500 Ом. Какое самое низкое напряжение может вызвать 20 мА и заставить ваши мышцы схватиться?

8.8 Может ли граница вспышки дуги быть больше (или вне) ограниченной границы защиты?

8.9 Что означает термин "ток восприятия"?

8.10 Сколько тока нужно, чтобы напугать обычного человека?

8.11 Если ударный ток не травмирует человека, то почему он опасен?

8.12 На каком уровне течения человек не может отпустить?

8.13 Какова минимальная категория каски, которая обеспечивает защиту от ударов?

8.14 На каком уровне тока человеку трудно дышать?

- 8.15 Какова наиболее распространенная травма в результате несчастного случая на электрическом стуле?
- 8.16 Что такое дуги?
- 8.17 Какой температуры может достичь воздух в случае вспышки дуги?
- 8.18 Что такое дуговой взрыв?
- 8.19 Что происходит с медью, когда она подвергается воздействию температур, вызванных вспышкой дуги?
- 8.20 Назовите по крайней мере три травмы, обычно вызванные взрывом дуги.
- 8.21 Назовите по крайней мере три вещи, которые могут способствовать дуговой вспышке.
- 8.22 Каково определение границы защиты от вспышки?
- 8.23 Для измерения напряжения обычно требуется доступ к контактору, находящемуся под напряжением. Если напряжение, которое вы измеряете, составляет 230 В, и есть живой, открытый, неподвижный проводник, какова граница ограниченного подхода?
- 8.24 Что такое блокировка и маркировка?
- 8.25 Почему важно, чтобы только один человек держал ключ в блокировка и маркировка

Глава 9

Зануление/ Заземление

181

- Опустить руки в землю - это очень заземляюще, извините за каламбур.”
Джон Гловер, американский актер

В 1970-х годах, когда усиленные музыкальные инструменты и системы оповещения были относительно новыми, некоторые люди не понимали, как построить и поддерживать безопасную систему распределения электроэнергии. В результате, по крайней мере, три известных музыканта были убиты электрическим током своим оборудованием из-за неправильного зануление/заземление: Лесли Харви из "каменных Воронов", Джон Ростилл из "теней" и Кит Релф из "дворовых птиц". Сегодня мы знаем больше о правильных методах зануление/заземление и электробезопасности. Понимание зануление/заземление является очень важным и несколько сложным вопросом. На эту тему написаны тома, и ее аспекты все еще обсуждаются и развиваются. Но правильное зануление/заземление является основой безопасной электрической системы. Электрические системы, которые мы используем в производстве живых событий, должны иметь прочную связь с землей. Понимание того, как работает зануление/заземление и почему мы зануляем/заземляем, имеет решающее значение для профессионала по производству живых событий.

СИСТЕМА ЗАНУЛЕНИЯ / ЗАЗЕМЛЕНИЯ

В электрической цепи ток всегда стремится вернуться к своему источнику. То, как он возвращается, имеет большое значение с точки зрения безопасности. Неправильно зануления или заземленная электрическая система может создать опасность, когда персонал может попасть между источником тока и его обратным путем, становясь частью этого пути в процессе. Если ток проходит через ваше тело, вы можете быть ранены или убиты. Правильно зануление/заземление система предназначена для обеспечения защиты от создания этих ударов.

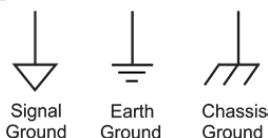
В мире производственного электрика все электрические системы должны быть занулены / заземлены, что означает, что они должны быть прочно соединены с землей как механически, так и электрически. Вы должны уметь измерять импеданс от проводника заземляющего электрода до земли, и он должен быть очень низким.

Почему мы подключаем электрические системы к Земле? Земля представляет собой проводник с напряжением 0 вольт. (Части земли не очень хорошие проводники, но в целом, это является проводником. Состав почвы, содержание влаги, минеральное содержание и другие факторы влияют на импеданс почвы в любом данном месте.) Когда другой проводник подключен к Земле, то он вынужден принимать то же напряжение, что и земля, которое составляет 0 вольт. Если есть какое-либо напряжение, наложенное на землю, например, во время удара молнии, то ток будет течь до тех пор, пока напряжение не выровняется на 0 вольт.

Электрические системы соединены с землей с помощью заземляющего или зануляющего электрода. Это система зануления или заземления. Если есть низковольтный сигнальный кабель, такой как экранированный аудиокабель или видеокабель, то может быть ссылка на “сигнальную землю” или 0-вольтовую ссылку для напряжения сигнала. Иногда сигнальное заземление подключается к шасси какого-либо аудиооборудования, и шасси всегда должно быть подключено к системному заземлению. Символы для зануления/заземления показаны на рис. 9.1.

Рисунок 9.1

Символы зануления/заземления



Электрод зануления / заземления может принимать различные формы. Очень часто это длинный медный стержень, вбитый в землю. Какую бы форму она ни принимала, результат один и тот же. Он обеспечивает электрическую систему с прямым, низким импедансом пути к земле и что гарантирует, что точка подключения остается на 0 вольт, и это обеспечивает путь для энергии рассеиваться в землю.

НУЛЕВОЕ НАПРЯЖЕНИЕ

Одной из причин подключения электрической системы к Земле является обеспечение стабильного 0-вольтового опорного напряжения. Напряжение имеет смысл только тогда, когда оно ссылается на другую точку. Когда птица садится на высоковольтный провод, она не получает электричества, потому что у нее нет ссылки 0-напряжения на другую точку в цепи с другим потенциалом. Если птица случайно оседлает зазор между высоковольтной линией и металлической опорой или другой линией, полетят искры. Это потому, что напряжение нуждается в ссылке, чтобы быть значимым.

Вольтметры имеют два датчика по той же причине. Если бы вы взяли только один из зондов и прикоснулись к высоковольтному терминалу, сколько напряжения он бы прочитал? Ответ, конечно, заключается в том, что он вообще не будет считывать напряжение, потому что нет контрольной точки, из которой можно измерить напряжение.

Мы обычно принимаем нулевые вольты в качестве абсолютного эталона для измерения напряжения. Исключения составляют случаи, когда мы хотим знать напряжение на конкретном устройстве, таком как светильник или усилитель. Это важная часть информации, поскольку для правильной работы многих устройств требуется определенное напряжение. Но иногда мы хотим знать напряжение тока системы поэтому мы измеряем от а

Рисунок 9.2
Заземление 0 вольт ссылка для систем распределения электроэнергии. В Северной Америке и других странах это называется землей, а в Европе, Австралии и других странах это называется Землей.



0-вольтовая ссылка, например, когда мы измерение 230 вольт на поставке, что означает, что напряжение системы составляет 230 вольт выше, чем наша ссылка 0 вольт. Без точки отсчета, с которой можно сравнивать, измерения напряжения бессмысленны.

Поскольку Земля является самым большим объектом, доступным для нас, это очень стабильное опорное напряжение. Поскольку он настолько велик, требуется огромное количество энергии, чтобы поднять напряжение выше 0 вольт, и даже тогда, как в случае удара молнии о землю, оно меняется лишь на мгновение. Энергия легко поглощается землей, и напряжение быстро нормализуется до 0 вольт. Земля-это очень большая раковина, которая может поглощать огромное количество энергии. Покуда мы можем установить хороший контакт с ним, мы имеем хорошую ссылку 0 вольт. Каждая система распределения мощности имеет по меньшей мере одну точку, которая электрически соединена с землей посредством заземляющего электрода. Мы называем эту 0-вольтовую ссылку "землей" "в Северной Америке и" землей" в Европе и Австралии.

ОГРАНИЧЕНИЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

Одной из основных причин заземления электрических систем является ограничение перенапряжений на землю или землю, которые могут быть вызваны молнией, скачками напряжения и другими событиями. Например, если трансформатор выходит из строя, первичное напряжение может быть наложено на вторичные обмотки. Или высоковольтная линия может случайно соприкоснуться с линией более низкого напряжения. Так как проводники подключены к Заземлению через зануление или заземляющий электрод, то и ток всегда пытается вернуться к своему источнику, он выравнивает напряжение, проводя через землю и обратно к источнику. В случае молнии источником является Земля и ее атмосфера (подумайте об облаках как об одном терминале, а о земле как о другом). В других случаях ток возвращается в источник питания через землю.

ТИПЫ ЗАЗЕМЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОДОВ

Электроустановки заземлены с помощью заземляющего или заземляющего электрода. Несколько разных видов электродов можно использовать включая штанги, плиты, предварительные управляемые штанги, конкретные упакованные электроды, учреждение здания, трубу водопровода, или электролитические электроды.

Ведомый стержень является одним из самых распространенных электродов. Они 2,4 до 3 метров (8-10 футов) в длину и не менее 1,6 см (5/8 дюйма) в диаметре. Большинство из них имеют стальной сердечник и покрыты от 5 до 10 мил (одна тысячная дюйма) меди для защиты от коррозии стали. Продолжительность жизни составляет всего пять-десять лет, в зависимости от почвенных условий. Они относительно недороги, но они могут быть сложными в установке. В Соединенных Штатах стержень должен быть не менее 2,4 метра (8 футов) в длину и иметь не менее 2,4 метра в контакте с почвой. В некоторых случаях, когда почва скалистая, трудно вести ее прямо вниз. Допустимо вести его под углом до 45 градусов от перпендикуляра. Альтернативно, его можно похоронить горизонтально на глубине по крайней мере 76,2 сантиметра (30 дюймов).

Электрод плиты квадратный лист меди с по крайней мере 0,18 квадратными метрами (2 квадратными футами) поверхностной области (0,09 квадратными метрами/1 квадратным футом в сторону). Он должен быть похоронен на глубине не менее 76,2 см (30 дюймов). Как и стержневой электрод, он имеет продолжительность жизни от пяти до десяти лет.

Усовершенствованный приводной стержень выглядит как сверло с твердосплавным наконечником. Он модульно с разделами в 1,2 метра (4 фута) так, что будет легче установить используя молоток сверла. Она имеет продолжительность жизни от 15 до 20 лет.

Электрод в бетонном корпусе (иногда называемый заземлением) может быть арматурой в фундаменте здания, проводом или проволоочной сеткой, встроенной в

бетонный фундамент здания. Согласно стандартному руководству для инженеров-электриков, когда происходит большое замыкание на землю, ток нагревает влагу в бетоне, что может привести к расширению бетона и растрескиванию фундамента.

Рисунок 9.3

Зануление / заземление

штанга 2,4 до 3 метров (8-10 футов) в длину и не менее 1,6 см (5/8 дюйма) в диаметре. Он должен иметь по крайней мере 2,4 метра (8 футов) контакта с землей. Его можно управлять под углом до 45° или его можно заложить горизонтально в случае хватывающий на глубине не менее 76.2 сантиметра (30 дюймов).



Водопроводные трубы также можно использовать в качестве заземляющего электрода, хотя иногда они имеют покрытие из смолы, которое может препятствовать хорошему соединению, или использовать пластиковые фитинги, которые полностью изолируют целые секции труб. В некоторых местах, пластиковые фитинги специально разработаны в систему, чтобы предотвратить поток тока и свести к минимуму электролиз. Если водопровод используется в качестве заземляющего электрода, то он должен иметь не менее 3 метров (10 футов) металлической трубы в непосредственном контакте с землей, соединения должны быть электрически непрерывными, соединительные перемычки должны быть установлены вокруг изолирующих соединений и метров, а соединение с трубой должно быть в пределах 1,5 метров (5 футов) от того места, где она входит в здание.

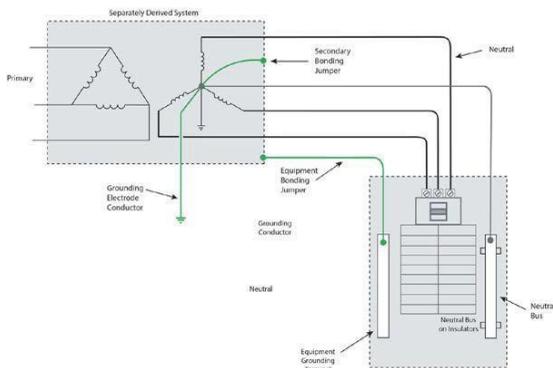
Электролитический электрод представляет собой полый медный вал, заполненный солями. Это создает электролитический раствор, который просачивается в почву и со временем лучше контактирует с землей. Он установлен с помощью шнека, чтобы просверлить отверстие, которое затем засыпается проводящим материалом после установки электрода. Хотя этот тип электрода высок в цене, он имеет продолжительность жизни 30 до 50 лет.

ЗАНУЛЕНИЕ / ЗАЗЕМЛЕНИЕ ОТДЕЛЬНО ПРОИЗВОДНЫХ СИСТЕМ

Портативные генераторы и трансформаторы являются "отдельно производными системами", что означает, что они не имеют электрической связи между входом и выходом. Поэтому зануление/заземление должно быть восстановлено или средней не будет иметь заземление.

Трансформатор должен быть зануление/заземление на вторичной обмотке, чтобы создать путь с низким полным сопротивлением для тока повреждения в случае, если какие-либо металлические части будут под напряжением. Нейтраль вторичной обмотки обычно соединяется с металлическим корпусом трансформатора с помощью соединительной перемычки, а провод зануление/заземление соединяется с шиной зануление/заземление. Прыгун выпуска облигаций критический для безопасной деятельности отдельно выведенной системы. Альтернативно, нейтраль и проводники зануление/заземление можно скрепить на первых средствах разъединения или защитном устройстве перегрузок по току.

Рисунок 9.4
Отдельно выведенная система с восстановленной землей. Соединительная перемычка создает низкоимпедансный путь для тока короткого замыкания обратно в источник питания.



Способ зануление/заземление переносного электрогенератора зависит от местных норм и правил, которые могут варьироваться от муниципалитета к муниципалитету и от страны к стране. Иногда требуется один или несколько полноразмерных зануляющих/заземляющих стержней, иногда управление заземляющим/заземляющим стержнем является гибким, а иногда управление заземляющим/заземляющим стержнем является необязательным.

На заметку: Прежде чем забивать удочку или рыть яму, позвоните в соответствующие органы и убедитесь, что копать безопасно.

В некоторых местах, таких как Лос-Анджелес, вождение заземляющего стержня не допускается, потому что плотность инфраструктуры почти гарантирует, что у вас будут проблемы. Если вы управляете 2,4-метровым (8-футовым) заземляющим стержнем практически в любом месте в центре Лос-Анджелеса, вы, вероятно, столкнетесь с подземными электрическими, газовыми, водными, кабельными, канализационными, транспортными средствами или некоторыми другими подземными кабелями или трубами. В этих случаях следует использовать другие средства зануление/заземление, такие как зануляющих/заземляющих электрод соседнего здания, заглубленная металлическая водопроводная труба, металлический световой полюс или другая проводящая структура, которая находится в хорошем контакте с землей.

Подразделение общественной безопасности Департамента пожарной охраны округа Лос-Анджелес выпустило руководство по портативным генераторам в 2013 году (добавление 23Е к бюллетеню по безопасности № 23) под названием “Руководство по соблюдению требований Национального электрического Кодекса к заземлению для портативных генераторов, поставляющих портативное оборудование в индустрии кино и телевидения.” Он цитирует Руководство по соблюдению национального электротехнического кодекса 250.34 и говорит: “рама генератора, установленного на грузовике или прицепе, может служить заземляющим электродом (вместо земли) для портативной системы распределения электроэнергии. Стержень заземления не требуется, если генераторные установки и транспортные средства, на которых они установлены, изолированы от Земли.”

“Изолированный от Земли” означает, что никакие проводящие части прицепа, как цепи безопасности и Джек, прикасаясь к асфальту, как показано на рис. 9.5. Эта практика предотвращает завершение пути низкого импеданса назад к источнику через человека, прикасающегося к находящейся под напряжением проводящей части в случае замыкания на землю. Кроме того, система должна находиться под напряжением только в присутствии обученного, квалифицированного персонала.

Рисунок 9.5

Если прицепной переносной генератор изолирован от земли как показано на этом рисунке, в соответствии с “требованиями заземления для портативных генераторов, поставляющих портативное оборудование в кино- и телевизионной промышленности”, стержень зануления/заземления не требуется в округе Лос-Анджелес.



Одна из причин, по которой это разрешено, заключается в том, что стержень заземления/заземления предназначен в первую очередь для молниезащиты, а индустрия кино и телевидения имеет строгую политику против съемки при наличии молнии. Правило 30/30 гласит, что когда вы видите удар молнии, считайте секунды, пока не услышите гром. Если гром происходит до того, как вы достигнете счета 30 секунд, то удар был менее чем в 6 милях, и вы должны выключить генератор и ждать 30 минут от последнего удара молнии, прежде чем опасность удара молнии прошла. Другие причины, по которым не требуется заземляющий стержень, связаны с линейными скачками напряжения и другими событиями, связанными с сетью, но поскольку переносной источник питания изолирован от сети, это не проблема.

Если имеется несколько генераторов, расположенных в пределах 6,1 метра (20 футов) друг от друга, или если несколько генераторов подают питание в комплект, в котором два или более единиц портативного оборудования находятся в пределах 3,6 метра (12 футов) друг от друга в помещении или 6,1 метра друг от друга на открытом воздухе, то Генераторы должны быть связаны друг с другом медным проводником, размер которого соответствует таблице Руководство по соблюдению национального электротехнического кодекса 250.122.

Если генератор дополняет мощность в здании или сооружении, которое имеет мощность, то заземляющий провод генератора должен быть соединен с заземляющим

электродом здания, и его размер должен соответствовать таблице Руководство по соблюдению национального электротехнического кодекса 250,66. Заземляющий электрод здания обычно находится возле служебного входа или электрического счетчика.

Таблица 250.122 минимальный размер заземляющих проводов оборудования для заземления дорожки качения и оборудования		
Оценка или установка Автоматический прибор перегрузок по току в цепи перед оборудованием, проводником, и т.д., не более (Ампер)	Размер (AWG или kcmil)	
	Медь	Алюминий или покрытый медью алюминий *
15	14	12
20	12	10
60	10	8
100	8	6
200	6	4
300	4	2
400	3	1
500	2	1/0
600	1	2/0
800	1/0	3/0
1000	2/0	4/0
1200	3/0	250
1600	4/0	350
2000	250	400
2500	350	600
3000	400	600
4000	500	750
5000	700	1200
6000	800	1200

На заметку: При необходимости в соответствии с 250.4(A) (5) или(B) (4) заземляющий провод оборудования должен иметь размеры, превышающие указанные в настоящей таблице.

*См ограничения по установке в 250.120.

Рисунок 3.6

Размер заземляющего проводника оборудования для соединения нескольких генераторов основан на издании Руководство по соблюдению национального электротехнического кодекса 2011, таблица 250.122.

В Канаде практика заземления переносных электрогенераторов весьма различна. Комитет по безопасности в Онтарио опубликовал заземление генераторов в индустрии развлечений. В нем говорится, что все генераторы свыше 12 кВт должны быть заземлены, а те, которые находятся под 12 кВт, должны быть заземлены, если они не заземлены или используют другие нагрузки, кроме подключенных к шнуру и вилке. Заземление должно сопровождаться одним из четырех приемлемых заземляющих электродов, включая: а) два 3-метровых (10-футовых) заземляющих стержня, отстоящих друг от друга на 3 метра и загнанных на полную глубину, б) официально утвержденная заземляющая пластина, которая обычно составляет 25,4 см × 40,6 см × 0,6 см (10 дюймов × 16 дюймов × 1/4 дюйма), заглубленная на глубину не менее

Таблица 250.66 провод заземляющего электрода для систем переменного тока

Размер крупнейшей необоснованной услуги- Входной Проводник или		Размер проводника заземляющего электрода (американская система ценки	
эквивалентная площадь для параллельных Проводниковса (американская система оценки проводов; /круговой мил)		проводов; /круговой мил)	
Медь	Алюминий или	Медь	Алюминий или
	покрытый		покрытый медью
2 или меньше	алюминий *	8	алюминий *
1 из 1/0 2/0 или 3/0	1/0 или 2/0	6 4	6 4
Над 3/0 до 350	меньше	2	2
За 350 через 600	4/0 или 250 За 250 через	1/0	1/0
За 600 через 1100 Более 1100	500 За 500 через 900 За 900 через 1750 За 1750	2/0 3/0	3/0 4/0 250
Записи:			
1. В случае использования нескольких комплектов служебных входных проводников, как это разрешено в пункте 230.40, исключение № 2, эквивалентный размер самого большого служебного входного проводника определяется наибольшей суммой площадей соответствующих проводников каждого комплекта.			
2. При отсутствии служебных входных проводов размер заземляющего электрода определяется эквивалентным размером самого большого рабочего входного провода, необходимого для обслуживания нагрузки. таблица также применяется к производным проводникам отдельно производных систем переменного тока. См. Ограничения по установке в 250.64 (A).			

Рисунок 9.7 Необходимо, что скреплено генератор изгибая - сила в приведенных в действие здании или структуре к заземляющему электроду строения с кондуктором выпуска облигаций определенным размер согласно этой таблице. (Из Руководство по соблюдению национального электротехнического кодекса 2011 Edition, таблица 250.66.)

61 см (2 фута), с) заглубленную металлическую водопроводную трубу, такую как пожарный гидрант или водопроводный кран, или d) существующий металлический предмет, эквивалентный по размеру и глубине а) или b).

На заметку: Всегда звоните в местные коммунальные компании, прежде чем копать или водить заземляющий стержень. Все подземные службы должны быть расположены перед установкой электродов. Перед подключением проводника зануляющего/ заземляющего электрода к пожарному гидранту проконсультируйтесь с местным пожарным инспектором или компетентным органом. Всегда следуйте местным нормам и правилам!

Другие требования для заземления генераторов включают использование правильного размера заземляющего провода и использование утвержденных разъемов. Провод заземления должен быть предназначен для этой цели, и он не может быть более 50 метров (164 фута) в длину. Он не должен иметь более двух в линию одного вывода

подключение. Требования к калибровке изложены в таблице 3 ESA SPEC-003 следующим образом:

Размер проводника заземления (из таблицы ESA SPEC-003 3):

1.1 ток овой нагрузки токов ая защита	Размер медного заземляющ его проводника (американская система оценки проводов)
100 или меньше	4
101 до 200	2
201 до 300	2/0

Рисунок 9.8

Калибровочные заземлители для генераторов от Комитет по безопасности в Онтарио" заземление генераторов в энергетической промышленности."

ходятся вблизи друг друга и не имеют общего заземляющего электрода, они должны быть соединены вместе. См. документ Комитета по безопасности в Онтарио "соединение электрических систем в индустрии развлечений."

В Соединенном Королевстве требования к временным системам заземления, включая генераторы, варьируются в зависимости от электрических условий. Британские стандарты (BS 7909—"Кодекс практики для временных электрических систем для развлечений и связанных с ними целей") требуют оценки того, следует ли присоединять заземляющий клемм генератора к заземляющему электроду, электроду здания или и тому, и другому, и следует ли соединять защитный провод цепи нескольких временных электрических систем. Определение имеет отношение к устройствам заземления, которые могут быть TN-S (отдельные Терра или земля и нейтральные проводники), TN-C-S (комбинация комбинированного заземления и нейтрального проводника для части системы и отдельной земли и нейтрали для другой части), TT (многоочечная земля с различными заземляющими электродами для питания и для распределительной системы). Для получения дополнительной информации см. BS 7909.

ПРОВОДНИК ЗАНУЛЯЮЩЕГО/ЗАЗЕМЛЯЮЩЕГО ЭЛЕКТРОДА

Проводник, который соединяет электрическую систему с зануляющим / заземляющим электродом, известен как проводник зануляющего / заземляющего электрода.

Обычно он непроводящий, что означает, что единственный раз, когда он должен проводить ток, - это когда что-то не так, например, замыкание на зануляющего / заземляющего удара молнии или ситуация перенапряжения. Он не конструирован для работы в непрерывном режиме, поэтому его можно определить размер более небольшой чем проводники участка. На рисунке 9.10 показаны допустимые размеры в соответствии с Национальным электрическим Кодексом. Требования могут отличаться в вашем регионе, поэтому ознакомьтесь с местными кодексами и правилами.

Проводник зануляющего / заземляющего электрода должен быть проложен таким образом, чтобы он был только до тех пор, пока это необходимо и больше не требуется. Они не должны иметь изгибов или петель, потому что это может увеличить сопротивление на землю, и чем ниже импеданс, тем лучше. После установки зануляющего / заземляющего электрода и

Размер самого большого незаземленного служебного входного кондуктора	Размер медного заземляющего электрода Проводник
2 AWG или меньше	8 AWG
1 или 1/0 AWG	6 AWG
2/0 или 3/0 AWG	4 AWG
Над 3/0 AWG через 350 kcmil	2 AWG
Более 350 kcmil через 600 kcmil	1/0 AWG
Более 600 kcmil через 1100 kcmil	2/0 AWG
Более 1100 kcmil	3/0 AWG

Рисунок 9.10 Заземлитель проводник приемлемый размеры для систем переменного тока.(Для полной таблицы см. NEC 2011 Edition, таблица 250.66.)

заземление/заземление установлен электрод проводник, сопротивление на массу/землю следует измерять с помощью инструментов, специально предназначенных для этой цели. Один струбин-на земном тестере один такой инструмент. Он индуцирует напряжение в замкнутом контуре который включает проводник заземляющего электрода и измеряет результирующий текущий. Используя закон Ома, он может определить сопротивление цепи.

Если это так более 25 ом, Руководство по соблюдению национального электротехнического кодекса требует подключения вторичного заземляющего электрода для снижения сопротивления заземлению. В идеале сопротивление заземлению должно быть как можно ниже. В некоторых случаях, оно проектирован для того чтобы быть чем 5 омов.

ОСНОВНАЯ СОЕДИНИТЕЛЬНАЯ ПЕРЕМЫЧКА

Все обычно непроводящие металлические части системы распределения электроэнергии должны быть заземлены или заземлены таким образом, чтобы они не оставались под напряжением при случайном приложении к ним напряжения. Это означает, что они должны быть подключены к системе заземления/заземления. Если есть замыкание на зануление/заземление, и напряжение непреднамеренно приложено, то ток повреждения будет течь, потому что есть путь назад к источнику питания через провод зануления/заземления. Если импеданс цепи достаточно низок, то он прервет цепь потому что предохранение от перегрузок по току (предохранитель или автомат защиты цепи) раскроет.

На рисунке 9.11 вы должны видеть, что основная соединительная перемычка обеспечивает очень важное соединение между зануляющим/заземляющим проводником и металлическими частями электрической системы, которая включает в себя все шасси, рамы, металлические распределительные коробки, электрические металлические трубки, трубопровод и т. д. в электрической системе. Без основной соединительной перемычки невозможно устранить неисправность. Если металлическая часть становится под напряжением—что может произойти, когда изоляция ломается, обрывается провод и т. д.—тогда он будет оставаться под напряжением, потому что нет пути для замыкания обратно к источнику.



Рисунок 9.11

Тракт для устранения неисправностей включает в себя основную соединительную перемычку на питателе (питатель - преобразователь или генератор). Без него неисправность корпуса привела бы к тому, что он стал бы под напряжением без средств его очистки. Главный прыгун выпуска облигаций носит недостаток ток возвращается к источнику, чтобы прервать цепь с помощью устройства защиты от перегрузки по току.

Несколько американских военнослужащих были казнены на электрическом стуле в Афганистане и Ираке, как сообщается, из-за пропавших без вести главных связывающих перемычек. Когда водяной насос замыкался на металлический корпус, он питал водопроводные трубы, а когда военнослужащие шли принимать душ и касались водяного клапана, они непреднамеренно завершали путь для тока повреждения через их тела и обратно к электроснабжению через Землю, через зануляющий/заземляющий электрод и через проводник зануляющего/заземляющего электрода.

Чтобы убедиться, что основная соединительная перемычка находится на месте, вы должны иметь возможность использовать средство проверки непрерывности для подтверждения непрерывности между любой непроводящей металлической частью электрической системы и нейтральным проводником. Если никакая непрерывность, то никакой путь для течения недостатка назад к поставке и прибору предохранения от перегрузок по току не будет работать.

ОБОРУДОВАНИЕ, ЗАЗЕМЛЯЮЩЕЕ ПРОВОДНИК / ЦЕПЬ ЗАЩИТНОГО ПРОВОДНИКА

Правильно зануленная / заземленная система распределения электроэнергии включает в себя заземляющий проводник оборудования, также известный как проводник защиты цепи в Европе, Австралии и Азии. В Соединенных Штатах и Канаде это зеленый проводник или проводник с зеленой маркировкой, а в Европе, Австралии и Азии он отмечен зеленым цветом с желтой полосой. При правильном подключении системы распределения питания зануляющий / заземляющий проводник подключается через однополюсный соединитель кулачкового типа (известный под торговой маркой CamLok или более универсальный камлок) в Северной Америке или однополюсный соединитель с ключом в Европа, Австралия и Азия

Проводник заземления оборудования / проводник защиты цепи должен быть подключен ко всем обычно непроводящим металлическим частям системы отключения питания через обычные соединения. Он служит для обеспечения низкоомного пути к зануление / заземление и к источнику питания в случае замыкания на землю. Оно также держит эти части металла на потенциале Земли (0 В). Это называется эквипотенциальной плоскостью или зоной, или эквипотенциальной связью.

Замыкание на землю-это любой непреднамеренный контакт между проводником под напряжением и заземленным объектом. Если система правильно заземлена и сопротивление низкое, то заземляющий проводник вызовет большой ток, тем самым отключая устройство защиты от перегрузки по току и обесточивая цепь. Основная соединительная перемычка служит для передачи тока замыкания на землю от сервисного корпуса и заземляющего проводника обратно к его источнику.

Если цепь не заземлена, то замыкание на землю приведет к металлическому

корпусу или корпус будет под напряжением, но без тока стока; устройство перегрузки по току не помогут. Если кто - то прикасается к корпусу или корпусу, одновременно прикасаясь к заземленному объекту, например микрофону, гитарным струнам или металлическому корпусу, то этот человек завершает замыкание на землю, и ток течет через него и обратно к источнику питания через землю. Это потенциально смертельная ситуация.

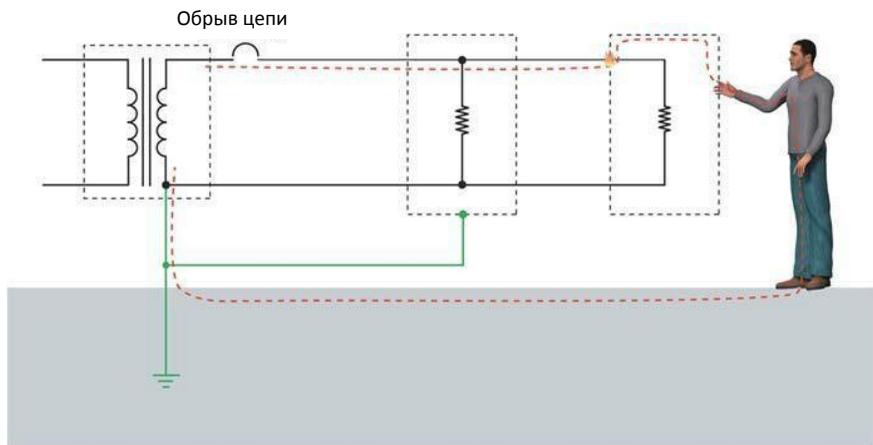


Рисунок 9.12

Правильное заземление помогает предотвратить случайную травму, вызывая большой ток повреждения в случае замыкания на землю, тем самым отключая автоматический выключатель или предохранитель. На этом рисунке замыкание на землю на неправильно заземленной, обычно не токоведущей металлической детали приводит к ее включению. Человек касаясь подпитанной части завершает путь к земле и будет частью пути для течения недостатка. Красная линия указывает путь для тока замыкания.

Зануление/Заземление никогда не должны быть скомпрометированы на любой части шестерни. Так называемые "адаптеры заземления" никогда не должны использоваться для подъема зануления/заземления. Эти устройства фактически являются заземляющими адаптерами для подключения трехпроводного устройства (заземленного) к двухпроводной (незаземленной) системе таким образом, чтобы заземляющий проводник соединялся с металлическими частями заземленной розетки.



Рисунок 9.13

Неисправная земля позволяет обычно непроводящим металлическим частям оставаться под напряжением, создавая потенциально смертельную ситуацию. Такой адаптер заземления никогда не должен использоваться для подъема земли. Эти сделаны для того чтобы соединить трехпроводной заземленный прибор с двухпроводной незаземленной системой в пути который соединяет заземляющий проводник к частям металла заземленной штепсельной розетки. Обратите внимание на формулировку на адаптере, которая гласит: "Осторожно: Подключите язычок к заземленному винту."

Когда оборудование распределения питания, освещение, аудио - и видеооборудование функционируют должным образом, штырь зануления/заземления на разъеме питания правильно соединяет обычно непроводящие металлические части с системой зануления/заземления. Сломанные штыри или провода зануления / заземления могут изолировать обычно непроводящие металлические детали. В противном случае в полностью функционирующем устройстве система зануление/заземление подключается к проводнику зануления/заземления оборудования, который крепится к корпусу редуктора. В осветительном приборе корпус обычно соединен с хомутом, металлическим зажимом и металлической фермой (при условии, что ферма не изолирована от зажима с помощью изолированного протектора), что означает, что в осветительной системе обычно имеется эквипотенциальная плоскость заземления. Чем больше светильников висит на ферме, тем лучше она подключена к земле / земле, при условии, что светильники не имеют неправильного зануления / заземления, и прибор не изолирован от фермы защитным рукавом. (Иногда используются пластиковые или поливинилхлоридные гильзы для предотвращения повреждения фермы стяжным хомутом.)

ЗАЗЕМЛЕНИЕ ПРОТИВ ЗАЗЕМЛЕНИЯ ПРОТИВ СКЛЕИВАНИЯ

Терминология в Национальном электрическом кодексе может быть запутанной, особенно когда речь идет о "заземленных" и "заземляющих" проводниках. В системе с четырьмя проводниками плюс заземление / звезда или звезда, нейтральный проводник (белый или серый провод в Северной Америке, синий провод в Европе, черный провод в Индии и Австралии и светло-синий провод в Китае) заземлен на панели питания или на сервисной панели, поэтому в Руководство по соблюдению национального

электротехнического кодекса его называют «заземленным проводником». Британские стандарты просто называют его нейтральным проводником.

Ни один из фазных проводников не заземлен, поэтому их называют «незаземленными проводниками». Заземляющий проводник обычно зеленый или зеленый / желтый полосатый провод, или это может быть голый медный провод в Соединенных Штатах и Канаде. Заземление является непрерывным процессом-система постоянно поддерживается на нулевом потенциале-поэтому зеленый провод называется "заземляющим проводником", в отличие от нейтрали, которая является заземленным проводником.

Склеивание-это процесс физического соединения двух проводников или проводящих металлических частей как механически, так и электрически для создания проводящего пути. Все обычно непроводящие металлические части в электрической системе, такие как металлические корпуса, трубопроводы и водопроводные трубы, должны быть соединены для создания эквипотенциальной плоскости или зоны.

Уни заземление против мульты заземления

Система распределения электроэнергии, которая занулена или заземлена только в одной точке, называется единой системой заземления в Северной Америке или системой (terra-нейтральная-одиночная земля) в Европе. Если система занулена или заземлена только в одном месте, то обратный путь для замыкания тока через землю, как показано на рис. 9.14. Поэтому величина тока повреждения зависит от импеданса земли между двумя заземляющими электродами. Значение импеданс может варьироваться в зависимости от условий грунта и расстояния между заземляющими электродами. Если импеданс слишком высок, то замыкание на землю не произведет достаточное течение задействовать защитное приспособление перегрузок по току (взрыватель или автомат защиты цепи).

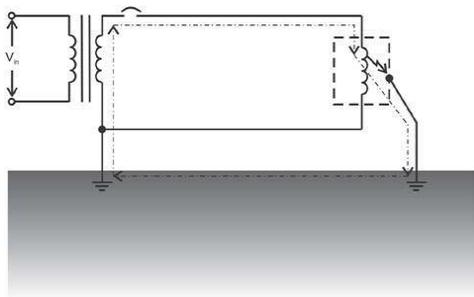


Рисунок 9.14

Зануление или заземление в двух точках означает, что обратный путь на землю ток замыкания через землю, как показано пунктирной и пунктирной линией. В зависимости от условий почвы, импеданс Земли может не позволить достаточному течению пропустить для того чтобы

задействовать прибор предохранения от перегрузок по току.

Для решения этой проблемы устройства остаточного тока часто используются в Европе для обнаружения тока утечки и прерывания цепи. Проблемы устройства остаточного тока может ощущать разницу в 30 миллиампер или более между исходящим током и обратным током. Если ток утечки превышает пороговое значение, это приведет к прерыванию цепи.

КОНТУРЫ ЗАЗЕМЛЕНИЯ

Аудио гул и шум являются проклятием существования аудио профессионала. Эти досадные шумовые проблемы иногда связаны с занулением/заземлением системы, потому что они могут быть вызваны током, протекающим в петле, которая включает в себя заземляющий проводник и экран сигнального кабеля. Контуры заземления также могут ухудшать сигналы управления видео и освещением. Соблюдение надлежащей практики заземления и понимание того, как возникают контуры заземления, обеспечит безопасность системы и поможет свести к минимуму или устранить проблемы с контурами заземления.

Три части аудиосистемы включают в себя зануление/заземление системы распределения мощности, зануление/заземление оборудования и землю сигнала, как показано на рисунке

9.15. Если все они соединены между собой, то образуют проводящую петлю, по которой может протекать ток. Напряжение обеспечивается электромагнитной связью с паразитными магнитными полями, а петлевой ток протекает через экран кабеля, который подключен к контакту 1 трехконтактного разъема ультрадолгий, который подключен к шасси, и шасси подключено к заземляющему проводнику оборудования в передающем и принимающем устройствах.

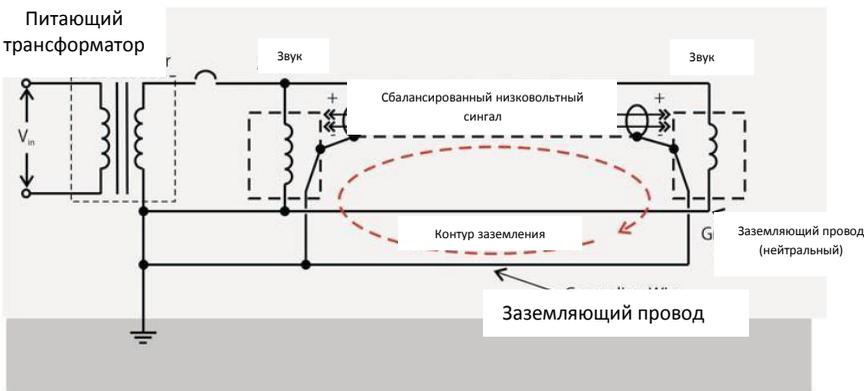


Рисунок 9.15

Контур заземления включается соединением между проводником зануление/заземлен ие оборудования, шасси и сигнальным заземлением/заземл ением.

Самый простой—и самый опасный—способ прервать петлю заземления - это поднять землю с помощью адаптера с тремя-двумя зубцами. Это нарушает текущий путь, но подвергает персонал большому риску поражения электрическим током. Замыкание на зануление/заземление может привести к подаче напряжения на шасси, и любой несчастный человек, который соприкоснется с оборудованием и землей/землей (или заземленным проводником), может быть серьезно ранен или убит.

Гораздо лучший способ справиться с ситуацией—оставить провода зануление/заземление неповрежденными и использовать другой метод прерывания контура заземления. Общий путь извлекать петлю зануление/ заземление использовать трансформатор изоляции как II-

-19. Это трансформатор 1:1 Без электрического соединения между входом и выходом, который ломает петлю и останавливает гул. Некоторые аудиоинженеры утверждают, что изолирующий трансформатор окрашивает звук, и вполне возможно, что высокий уровень отката может быть слышен. В этом случае короткий адаптер может быть построен без соединения с контактом 1, что также разрывает петлю, но не меняет звук. Адаптер следует использовать на приемном конце кабеля для создания "телескопического экрана".

ИЗОЛИРОВАННОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ

Многие типы электрических нагрузок генерируют "шум", который может распространяться по всей электрической системе. Например, двигатели могут генерировать вращающееся магнитное поле, которое излучается через воздух, люминесцентные лампы генерируют магнитное поле, которое расширяется и сжимается 100 или 120 раз в секунду (один раз для положительного полупериода и один раз для отрицательного полупериода), и регуляторы освещённости генерируют магнитные поля. Близлежащие проводники, в том числе заземляющие, находящиеся в магнитном поле, могут воспринимать индуцированное напряжение, которое вызывает протекание тока в проводнике. Когда это происходит, все, что питается от той же цепи или что разделяет заземляющий проводник, может испытывать проблемы, такие как гул, жужжание или искажение из-за этой "грязной власти". Аудиоусилители и видеоборудование особенно восприимчивы к электромагнитным помехам. Многие из этих проблем можно избежать с помощью изолированной системы заземления.

Изолированная система заземления строится с помощью трансформатора для изоляции одной части электрической системы от другой. Так как трансформатор является отдельно производной системой, отсутствует электрическое соединение между входом (первичной стороной) трансформатора и выходом (вторичной стороной) трансформатора, и шум, который появляется как на фазном проводнике, так и на нейтральном проводнике относительно заземления (синфазный шум), не передается. Точно так же, поскольку это отдельно производная система, заземление должно быть восстановлено.

Изолирующий трансформатор может быть трансформатором 1: 1 или повышающим или понижающим трансформатором. Электростатически экранированный трансформатор обеспечивает дополнительную фильтрацию синфазных помех и увеличивает изоляцию. Трансформатор должен быть рассчитан на мощность всего подключенного оборудования плюс некоторые накладные расходы для роста и погрешности.

Как правило, изолирующий трансформатор зарезервирован для исключительного использования только одного типа редуктора, такого как аудиооборудование или видеооборудование, а другие типы нагрузок не допускаются к использованию сервиса. “Чистая сила” запускается в изолированном заземления розетки, которые имеют зеленый треугольник, символизирующий изолированные заземления и указывая на то, что схема предназначена для определенного оборудования.

Все розетки в изолированной системе заземления имеют клемму заземления, к которой присоединен изолированный провод заземления оборудования. Изолированный заземляющий провод изолирован от распределительной коробки или шасси, к которому крепится изолированная розетка. При наличии нескольких емкостей, изолированных проводника заземления оборудования может проходить через счет, распределительные коробки,

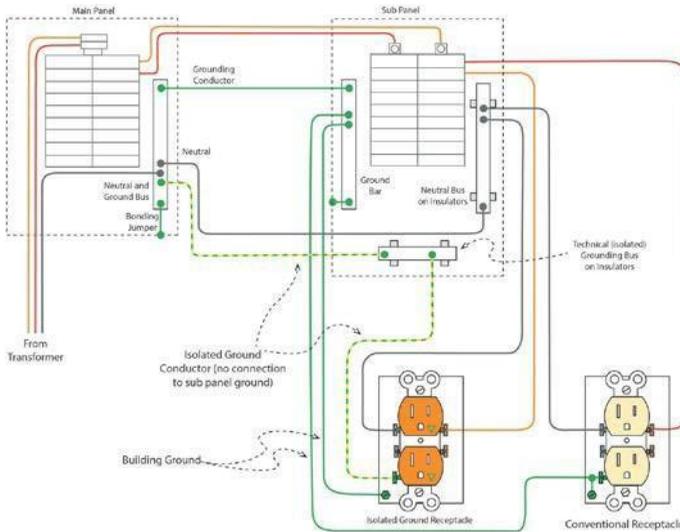


Рисунок 9.16

Изолированная система заземления минимизирует электрический шум и уменьшает помехи в работе аудио, видео или другого электронного оборудования.

дорожки качения, провода или любые другие обычно непроводящие металлические детали без контакта с металлом. Шасси все еще должно быть соединено с заземляющим проводом строительного оборудования, чтобы гарантировать, что существует путь для тока повреждения обратно к источнику и что замыкание на землю отключит устройство перегрузки по току. Изолированная система заземления минимизирует электрический шум в изолированной системе и обеспечивает “чистую мощность” для аудио, видео или другого оборудования.

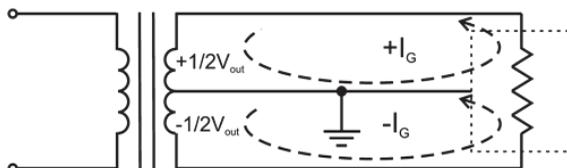
СБАЛАНСИРОВАННЫЕ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

В Соединенных Штатах Руководство по соблюдению национального электротехнического кодекса позволяет использовать сбалансированную мощность в отдельно производной системе (это означает, что она имеет свою собственную службу, будь то от другого фидерного трансформатора, генератора или другой системы), которая обеспечивает две сбалансированные фазы противоположной полярности. Напряжение тока линии-к-Земли 60 Вольт, но потому что 2 линии перевернуты в участке, линии-к-линии напряжение тока 120

Вольт. Целью этой системы является обеспечение того, чтобы любой шум,

который воспринимается одинаково на двух фазах, был отменен. Это происходит потому, что шум суммируется в земле, и если он равен по величине, но противоположен по фазе, результат равен нулю.

Рисунок 9.17
Сбалансированный
силовой трансформатор
отменяет шум на земле
потому что двухфазные
проводники противоположны в полярности.



Эти системы допускаются только в коммерческих или промышленных зданиях, где их использование может быть ограничено квалифицированным персоналом. Они могут использовать стандартные панели, если номинальное напряжение превышает напряжение системы и четко обозначено на внешней стороне панели или внутри дверцы панели. Необходимо использовать двухполюсные выключатели, так как каждая ветвь цепи имеет два провода под напряжением.

Сосуды и стационарно установленное оборудование в этой системе должны иметь заземление оборудования, которое подключено к шине заземления оборудования в панели, и на нем должна быть маркировка “заземление технического оборудования.” Он должен быть подключен к заземленному проводнику (нейтраль), но он не должен быть подключен к корпусу панели. Кроме того, сосуды должны быть защищены ВКЗЗ (см. прерыватели цепи замыкания на Землю, Глава 10) и должны быть маркированы следующим образом:

ВНИМАНИЕ - ТЕХНИЧЕСКАЯ СИЛА

Не подключайте к осветительному оборудованию.

Только для электронного оборудования.

60120 V 1 – Ø AC

GFCI защищен

Также должна быть стандартная 125-вольтовая, однофазная, 15-или 20-амперная розетка в пределах 1,8 метров (6 футов) от каждой технической розетки 60/120 В. Изолированный заземляющий сосуды может быть использована при условии, что они устанавливаются в соответствии с нормами.

Существует больше требований для соответствия коду для сбалансированных энергосистем, но подробности выходят за рамки этой книги. Обратитесь к статье Руководство по соблюдению национального электротехнического кодекса 647 – чувствительного электронного оборудования для получения дополнительной информации.

ЗАЗЕМЛЯЮЩИЕ / ЗАЗЕМЛЯЮЩИЕ ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ ИЗОЛИРОВАННОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ

Согласно Руководство по соблюдению национального электротехнического кодекса, заземляющий электрод для отдельно производных систем должен быть как можно ближе к точке, в которой проводник заземляющего электрода подключен к электрической системе. Эта точка соединения обычно находится внутри изолирующего трансформатора или технологического силового трансформатора. Электрод должен быть либо подземной металлической водопроводной трубой, которая находится в непосредственном контакте с Землей не менее 3 метров (10 футов), либо металлическим каркасом здания или сооружения. Если используется водопровод, он должен иметь непрерывность до точки соединения, и если есть какие-либо изолирующие соединения или препятствия к непрерывности, это должно быть сделано непрерывным с помощью связующих перемычек. Если используется металлический каркас здания или сооружения, то элемент конструкции должен находиться в непосредственном контакте с Землей не менее 3 метров и более. Металлическая конструкция может также представлять собой болты, которые удерживают колонну из конструкционной стали, если они соединены с соответствующим электродом в бетонной оболочке, но болты должны быть соединены с электродом в бетонной оболочке утвержденным способом, включая сварку.

Если ни один из этих электродов не доступен, то можно использовать электрод в бетонной оболочке, заземляющее кольцо, стержневые и трубчатые электроды, пластинчатые электроды или любой другой из перечисленных электродов. Недопустимыми электродами являются газовые трубы и алюминиевые электроды.

ПОНИМАНИЕ КОНЦЕПЦИЙ ЗАЗЕМЛЕНИЯ / ЗАЗЕМЛЕНИЯ

9.1 Предположим, большая птица приземляется на 69 кВ линии электропередачи, и она имеет размах 12 дюймов между двумя ногами. Если импеданс линии передачи составляет около 1 ом на милю, а ток 300 А, то какое напряжение от одной птичьей лапы до другой?

9.2 В приведенной ниже схеме, какова ссылка на напряжение, если мы поместим один зонд в точку D и один зонд в точку C? (Предположим, что первый зонд является эталонным зондом.) Какое напряжение мы будем читать?

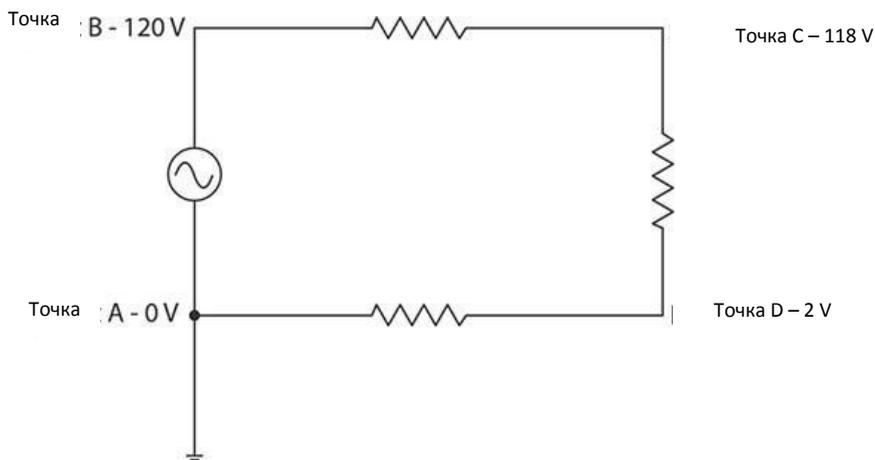


Рисунок 9.18

9.3 Каково основное назначение заземляющего электрода?

9.4 Если в качестве заземляющего/заземляющего электрода используется водопроводная труба, то почему важно закрепить ее в пределах 5 футов от места входа в здание?

9.5 Почему земля / земля должна быть восстановлена в отдельно производной системе?

9.6 Если рама генератора, установленного на грузовике или прицепе, служит

заземляющим электродом вместо земли, то почему прицеп должен быть изолирован от Земли?

9.7 Какова цель заземления или зануления нейтрального проводника?

9.8 Требуется ли приводить заземляющий / зануляющий стержень, когда вы используете портативный генератор энергии?

9.9 Почему иногда не рекомендуется управлять стержнем заземления/зануления?

9.10 Если вы работаете на улице, и вы видите удар молнии, почему вы должны время звук грома? Каково значение правила 30/30?

9.11 Почему важно связать несколько генераторов, которые работают в пределах 20 футов друг от друга? Почему это важно для связи со зданием или структурой, к которой генератор подает энергию? Включает ли требование для соединения со зданием или структурой соединение с переносной сценой?

9.12 Каково требование заземления / зануления для портативных электрогенераторов в Онтарио, Канада?

9.13 Почему допустимо использовать меньший провод заземления/зануления, чем фазные проводники?

9.14 Если провод заземления/зануления слишком длинный или в нем есть петли, как это влияет на систему заземления/зануления?

9.15 Почему основная соединительная перемычка является такой важной частью электрической системы?

9.16 Как проводник заземления оборудования или проводник защиты цепи помогают устранить замыкание на землю?

9.17 Если использование "адаптера зануления" для прерывания контуров заземления может создать потенциально смертельную ситуацию, то почему они сделаны? Каково предназначение этих устройств?

9.18 Могут ли контуры заземления/зануления влиять на освещение или видеоборудование?

9.19 В чем проблема с использованием двух соединительных перемычек в разных местах в одной и той же электрической системе?

9.20 Почему в изолированной системе заземления / земли важно связать изолированную землю / землю с землей здания / землей? (См. Рис. 9.16.)

9.21 Что произойдет, если проводник под напряжением будет иметь электрический контакт с металлическим корпусом оборудования, металлическим трубопроводом или металлическим каскадом, если электрическая система не заземлена должным образом?

9.22 Где заземляющий / заземляющий электрод обычно расположен в здании?

Максимальная ТОВАЯ ЗАЩИТА

"Позволю себе сказать, что система электрического освещения Edison Electric Light компания абсолютно свободна от любой возможной опасности пожара, даже в связи с самым легковоспламеняющимся материалом."

Томас А. Эдисон, в письме Нью-Йоркскому совету страховщиков огня, 6 мая 1881. К концу того года были по меньшей мере 23 пожара в Новой Англии.

Самый первый стандарт на "электрическое освещение провода, светильники и т. д." в США был написан Нью-Йоркским Советом пожарных андеррайтеров в 1881 году. Он имел пять простых правил для монтажников: (1) использовать провода с на 50% большей мощностью, чем подключенная нагрузка; (2) использовать провода, которые "изолированы и дважды покрыты некоторым утвержденным материалом"; (3) закреплять провода с утвержденными непроводящими креплениями каждые 2½ дюйма для ламп накаливания и каждые 8 дюймов для дуговых ламп, 8 дюймов от всех других проводов или металлических проводящих поверхностей на открытом воздухе, где они могут быть проверены; (4) защищать дуговые лампы стеклянными шарами, чтобы искры или горячий уголь не вызывали пожара; и (5) Используйте переключатель выключения в пункте входа электричества в здание и поверните силу когда не в пользу. Далее говорилось, что заявка на использование электрического освещения должна сопровождаться указанием количества используемых ламп, оценкой "каким - либо известным электриком" "требуемого количества электроэнергии", образцом по крайней мере 91 сантиметра (3 фута) провода, который будет использоваться, сертификатом ампутации провода и информацией о том, где будет генерироваться электричество, будет ли цепь иметь заземление или нет, и деталями установки.

Эдисон хорошо понимал опасность подачи электричества в дома и предприятия. Хотя он написал письмо в Нью - Йоркскую пожарную комиссию, в котором утверждал, что его система производства, распределения и освещения электроэнергии постоянного тока "абсолютно свободна от любой возможной опасности пожара", он признал, что если ток превысит мощность провода, то это действительно будет представлять опасность. Поэтому он

изобрел плавкую связь или предохранитель, чтобы минимизировать эту опасность. Еще в 1883 году системы Эдисона использовали "пробивную пробку", или то, что мы сейчас называем предохранителем.

ПРЕДОХРАНИТЕЛИ

Предохранитель-это калиброванное слабое звено в цепи, которое предсказуемо и надежно плавится при достижении определенного уровня тока в течение определенного времени. Когда плавкий элемент расплавляется, цепь прерывается, и ток перестает течь. Предохранители не всегда взрываются сразу. Существует обратная зависимость между величиной тока и временем, которое требуется для удара: Чем выше ток, тем быстрее предохранитель откроется.

Часть плавкого предохранителя-это "плавкий провод". Это сплав с относительно низкой температурой плавления. Минимальный ток плавления - это наименьшее количество тока, которое приведет к плавлению провода плавкого предохранителя.

Предохранители есть номинальный ток и номинальное напряжение. Номинальный ток-это наибольшее количество тока, которое предохранитель может обрабатывать без продувки, в то время как номинальное напряжение-это максимальное напряжение, которое предохранитель может безопасно выдержать после того, как предохранитель перегорел. Если номинальное напряжение превышено, например, если плавкий предохранитель 125 В используется в цепи 240 В, то существует вероятность того, что когда он дует, дуга может развиваться через клеммы, и схема может продолжать проводить, таким образом, в первую очередь поражая цель плавкого предохранителя. Правильно расклассифицированный взрыватель конструирован для того чтобы выдержать напряжение тока открытой цепи на 30 секунд после взрывателей взрывателя или иметь сопротивление прерывания хотя бы 1 кΩ.

Когда ток через предохранитель превышения тока, перегрузки по току произошло. Время, необходимое для плавления провода предохранителя с момента возникновения состояния перегрузки по току, - это "время плавления" предохранителя. Когда поток тока прерывается, это приводит к дуге между клеммами прерывается. Это не отличается для предохранителя. Когда плавкий предохранитель плавится, он создает дугу между клеммами предохранителя. Когда разрыв между клеммами растет, он в конечном итоге прерывает дугу. Время после предохранителя провод оплавляется и перестает дуги время горения дуги в предохранителе. Сочетание из плава время и образующая дугу время "работая время" взрывателя.

Рисунок 10.1
Предохранитель прерывает
цепь, дуга развита через
терминалы.

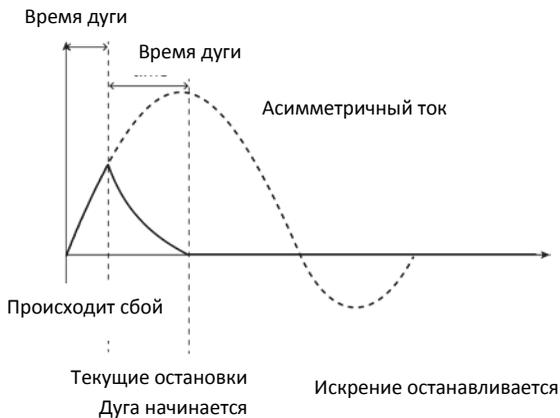


Рисунок 10.2
Предохранитель с высокой разрывной емкостью заполняется кварцевым песком для гашения дуги, возникающей при прерывании цепи под нагрузкой.

В системе распределения питания фидерный кабель часто подается через плавкое разъединение, которое иногда называют коммутатором, коммутатором компании или бычьим коммутатором. Из-за большой токовой нагрузки большинство из этих переключателей, они пользуются высоким нулевым потенциалом предохранителя. Предохранители ВМП доступны с рейтингами прерывания от 50 000 ампер симметричные и выше. Эти предохранители имеют керамический или эпоксидно-стеклянный корпус, чтобы выдерживать очень высокие температуры, создаваемые дугой. Их обычно заполняют кварцевым наполнителем, который кристаллизуется при нагревании, по существу превращаясь в стекло, и помогает погасить дугу. Они совершенно герметичны, чтобы предотвратить окисление предохранитель, провода и их локализации дуги в случае короткого замыкания. Существуют различные типы предохранителей ВМП, в том числе сверхбыстрые, которые предназначены для защиты твердотельных устройств, быстрого отклика для нагрузок с малым или нулевым пусковым током и с задержкой срабатывания для нагрузок с высоким пусковым током.

Рисунок 10.2

Предохранитель с высокой разрывной емкостью заполняется кварцевым песком для гашения дуги, возникающей при прерывании цепи под нагрузкой.



ТОКОГРАНИЧИВАЮЩИЙ

Основное назначение предохранителя-защита цепи и всех подключенных к ней компонентов. Если есть короткое замыкание (это означает, что импеданс равен 0 Ом или близок к 0 Ом), то ток будет очень высоким (приближается к бесконечности усилителей), и это может иметь катастрофические результаты. Сильная жара может повредить изоляцию вокруг проводников и по возможности причинить взрыв. Большое магнитное поле, создаваемое большим током, может также перемещать проводники достаточно, чтобы повредить изоляцию и, возможно, вызвать структурные повреждения.

Токоограничивающий предохранитель предназначен для предотвращения или ограничения такого повреждения путем ограничения пикового тока в любой момент времени (мгновенный пиковый ток). Он делает это, разрывая цепь менее чем за 1/2 цикла (0,008 секунды для 60 Гц или 0,01 секунды для 50 Гц). В результате значительно снижается ток короткого замыкания, что уменьшает повреждения и повышает безопасность электрической системы.

КРАНЫ

Кран - это проводник, который поставляется большим проводником или источником питания. Каждый раз, когда проводник выстучивается из большого проводника или из шины с ампасностью больше, чем проводник крана, требуется защита от перегрузки по току, чтобы убедиться, что проводник крана не поврежден перегрузкой. Есть исключения из этого требования, но большую часть времени кран имеет защиту от перегрузки по току, где он получает питание.

НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ, НИЗКИЙ ТОК ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ

Низковольтные (до 600 в) предохранители, используемые в Северной Америке, обычно соответствуют стандарту 248-14 Лаборатория по технике безопасности и/или Канадской ассоциации стандартов (КАС), в то время как используемые в Европе соответствуют стандарту 60127-2 Международной электротехнической комиссии. Стандарты лаборатории по технике безопасности и Канадской ассоциации стандартов гармонизированы, но они отличаются от стандартов Международной электротехнической комиссии. В таблице 10.1 показан допустимый непрерывный рабочий ток для различных типов предохранителей при температуре 23 °С.

Таблица 10.1 Допустимый непрерывный рабочий ток для предохранителей при температуре 23 °С		
Стандарт	Номинальное напряжение	Допустимый непрерывный рабочий ток (23 °)
UL/CSA	125В	Менее 70% от номинальной
UL/CSA	250В	Менее 75% от номинальной
IEC	125В	Менее 70% от номинальной
IEC	250В	Менее 100% от номинальной
IEC	32В–250В	Менее 80% от номинальной

Источник: Составлено по лаборатории по технике безопасности 248-14.

Если номинальный ток предохранителя слишком низок для применения, то он подвержен неприятностям отключения из-за колебаний и скачков напряжения в линии. Если она слишком высока, то она не сделает свою работу защищать цепь и смогла быть потенциальной опасностью пожара. Взрыватели замены должны быть такого же типа взрывателя, в виду того что номинальности Лаборатория по технике безопасности и Канадской ассоциации стандартов отличал номинальности Международной электротехнической комиссии. На предохранитель 250 В, например,

1.4-усилитель по Лаборатория по технике безопасности /Канадской ассоциации стандартов для взрывателя примерно такая же, как в 1 ампер Международной электротехнической комиссии-номинальный предохранитель. Поэтому, если предохранитель изготовлен по стандартам Лаборатория по технике безопасности заменен предохранитель произведены в соответствии со стандартами Международной электротехнической комиссии, то цепь не будет защищен должным образом. И это говорит о том, что никогда не стоит, независимо от обстоятельств, обходить предохранитель с оберткой жевательной резинки или любым другим проводящим материалом.

Существует несколько различных типов низковольтных предохранителей, которые классифицируются в соответствии с тем, как быстро или как

медленно они будут открываться при сбое или перегрузке по току. Быстродействующий обычный предохранитель будет взрываться быстрее, чем предохранитель с задержкой или запаздыванием по времени; хотя, как вы можете видеть в таблице 10.2, вы можете перегрузить

Таблица 10.2 Миниатюрные время-токовая характеристика предохранителя для Лаборатория по технике безопасности /Канадской ассоциации стандартов и стандартов Международной электротехнической комиссии

% Текущий диапазон Лаборатория по технике безопасности / Канадской ассоциации стандартов 248-14 Международная электротехническая комиссия 60127-2

Номинальный ток		Быстродействующий	Время задержка	Быстрый действующий	Быстрый	Временная	Временная	Время отставания
		Нормальный удар						
100%	0-10 А							
135%	0-10 А	< 1-часовой	< 1-часовой					
150%	50 мА–6,3 а 32 МА–6,3 а 1 А-6.3 А			< 1-часовой	< 1-часовой	< 1-часовой	< 1-часовой	< 1-часовой
200%	0-10 А 0-3 А	< 2 мин	< 5 s					
210%	50 мА–6,3 а 32 МА–6,3 а 1 А-6.3 А			< 30 мин	< 30 мин	< 2 мин	< 30 мин	< 2 мин
275%	50 мА-3.15 А 4 А-6.3 А 32 МА–100 МА 125 МА–6,3 а 1 А-6.3 А			10 мс–2 с 10 мс–3 с	10 мс– 500 мс 50 мс– 2 с	200 мс– 10с 600 мс– 10с	1 с-80с	200 мс– 10с 600 мс– 10с
400%	50 мА-3.15 А 32 МА–100 МА 125 МА–6,3 а 1 А–3,15 А 4 А-6.3 А			3 мс-300мс	3 мс– 100мс 10 мс– 300 мс	40 мс– 3 с 150 мс– 3 с	95 Мс– 5 с 150 мс– 5 с	40 мс–3 с 150мс–3 с
1000%	50 мА–6,3 а 32 мА–6,3 а 32 МА–100 МА 125 МА–6,3 а 1 А–3,15 А 4 А-6.3 А			< 20 мс	< 20 мс	10 мс– 300 мс 20 мс– 300 мс	10 мс– 100мс 20 мс– 100 мс	10 мс– 300 мс 20 мс– 300 мс

быстродействующий нормальный предохранитель на 50%, и это может занять несколько минут, чтобы взорвать. Предохранители с задержкой по времени используются в ситуациях, когда пусковой ток высок, а установившийся рабочий ток ниже. Примеры включают разрядные лампы, моторы, трансформаторы, и другие сильно емкостные или индуктивные нагрузки.

Много люминеров сплавлены внутренне, и некоторые разъемы в Великобритании имеют встроенные взрыватели. Но разъем BS-546:1950 15A обычно используется в театрах в Великобритании, потому что у него нет предохранителя. И поскольку каждая цепь уже защищена предохранителем или выключателем в диммере, второй предохранитель в разьеме является резервным. Второй предохранитель в той же цепи делает его более трудным и трудоёмким для устранения неполадок цепи.

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

Каждая цепь должна иметь защиту от перегрузки по току. Если у него нет предохранителя, то он должен иметь выключатель. Автомат защиты цепи перестановный переключатель который раскрывает и закрывает цепь вручную или автоматически в случае перегрузки или короткого замыкания. Они необходимы руководящему органу практически в каждом месте в мире, как Руководство по соблюдению национального электротехнического кодекса в Соединенных Штатах, Канадская ассоциация стандартов в Канаде, "Правила Проводки" или BS7671: Требования к электроустановкам в Великобритании и Международной электротехнической комиссии (МЭК) в Европейском Союзе, а также другие стандарты по всему миру.

В индустрии продукции случая в реальном масштабе времени, мы нормально общаемся с автоматическими выключателями низк-вольт - времени (600 Вольтов и вниз), и обычно отлитым в форму разнообразием случая (МССВ для отлитого в форму автомата защиты цепи случая), хотя миниатюрные автоматы защиты цепи изредка найдены в автоматизированных люминерах и подобных приборах. Существуют различные типы автоматических выключателей, в том числе тепловую, тепловой-магнитный, магнитные и электронные цепи.

НОМИНАЛ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЯ

Независимо от типа, все автоматические выключатели имеют номинальное напряжение, номинальное напряжение и номинальную отключающую способность. Если напряжение в цепи превышает номинальное напряжение выключателя, то при прерывании цепи может оказаться невозможным погасить дугу. Номинальный ток усилителя - это наибольший непрерывный (то есть 3 часа или более) ток, который они могут переносить в свободном воздухе без отключения. Номинальная отключающая способность это

максимальный ток, который прерыватель может безопасно прервать, не повредив себя. Однополюсные автоматические выключатели рассчитаны в соответствии с их максимальным напряжением от фазы до земли, а многополюсные выключатели рассчитаны в соответствии с их максимальным напряжением от фазы до фазы.

В Северной Америке, отлитые в форму автоматы защиты цепи случая исполняют с Лаборатория по технике безопасности -489 или Канадской ассоциации стандартов С22.2 № 5. Они имеют стандартные текущие рейтинги 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50,

60, 70, 80, 90, 100, 110, 124, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400 а и высший. Также автоматы защиты цепи регулируем-отключения.

В Европе, миниатюрные автоматы защиты цепи конструированы и построены к Международной электротехнической комиссии 60898-1, которое определяет расклассифицированное течение внутри на температуре окружающего воздуха 30°C. Стандартные текущие рейтинги 6, 10, 13, 16, 20,

25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, и 125 ампер. Они также имеют букву обозначая тип отключения, или В, С, или D, основанный на мгновенном значении отключения, которое кратно расклассифицированного течения. Автоматические выключатели типа В

срабатывают мгновенно, когда ток в три-пять раз превышает номинальный ток, автоматические выключатели типа С срабатывают мгновенно при токе, в пять-десять раз превышающем номинальный ток, а автоматические выключатели типа D отключаются мгновенно при токе от 10 до 20. раз номинальный ток.

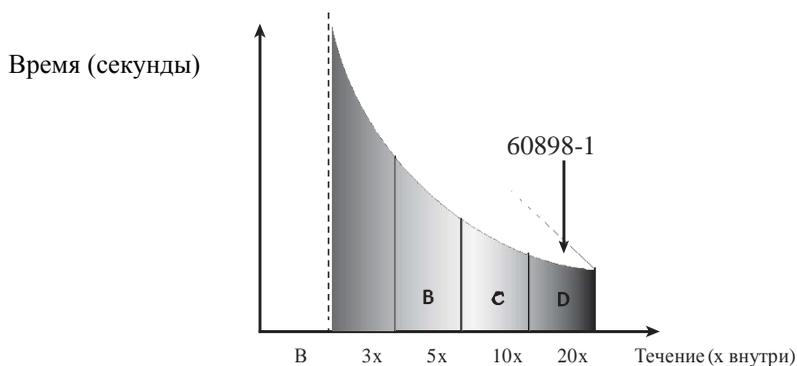


Рисунок 10.3

В Европе миниатюрные автоматические выключатели классифицируются в соответствии с диапазоном тока, необходимого для их мгновенного отключения. Автоматические выключатели типа В срабатывают мгновенно, когда ток составляет от трех до пяти раз номинальный ток, тип С выключатели отключится мгновенно при токах от пяти до десяти раз в номинальный ток, А тип D выключатели отключится мгновенно при токах от десяти до 20-кратного номинального тока.

Время/настоящие характеристики BS EN
60898 мгновенный тип установки отключения к EN 60898 BS

Тип Отключения	Дальность поездки (в)	тип нагрузки	Загрузка Приложения
Ряд EN 60898 BS			
B	3 до 5 в	Резистивный	Бытовые, Обогреватели, Душевые, Плиты, Общие розетки
C	5 до 10 в	Индуктивный	Двигатели, схемы общего освещения, источники питания
D	10 до 20 в	Высокая Индуктивность	Трансформаторы, моторы, цепи разрядного освещения, компьютеры
На заметку: Там нет типа мгновенного отключения характеристика, чтобы избежать путаницы с аббревиатурой ампер.			

Тепловые Автоматические Выключатели

Тепловые автоматические выключатели измеряют ток через биметаллическую полосу, через которую течет ток. Лента, ламинированная с двух разнородных металлов с разным коэффициентом расширения. Ток, протекающий через металлы, заставляет их нагреваться из-за их сопротивления, и они расширяются при нагревании. Потому что каждая из 2 прокладок металла имеет различный коэффициент расширения, они

расширятся на различных тарифах, причиняя прокатанную прокладку согнуть. Когда ток достигает заданной величины, биметаллическая полоска изгибается настолько, что срабатывает подпружиненный выключатель привода, который затем размыкает контакты и разрывает цепь.

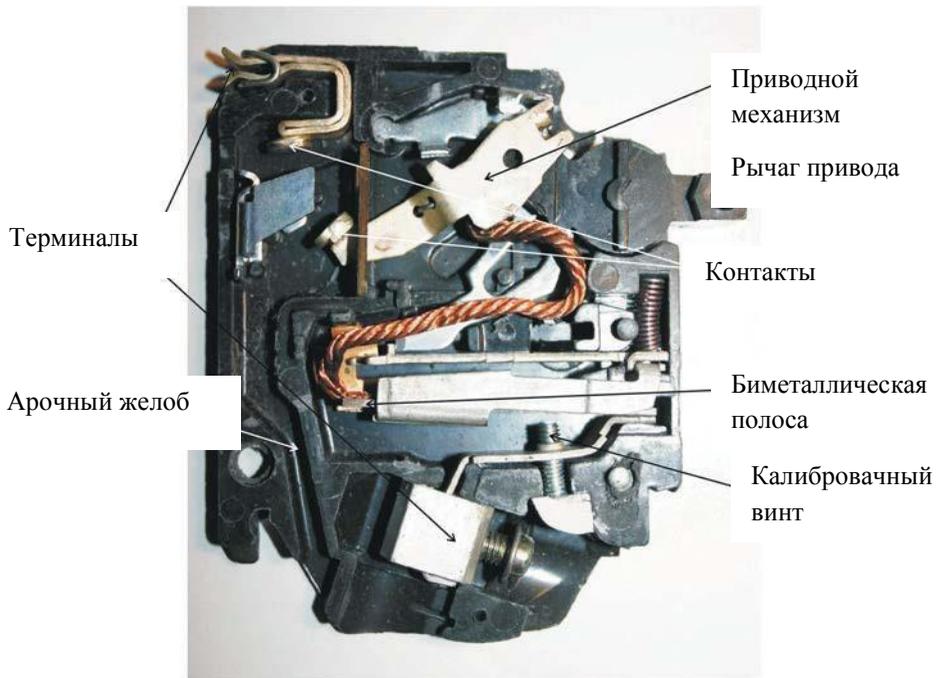


Рисунок 10.4

Тепловой прерыватель цепи

биметаллической ленты, которая нагревается при протекании по ней тока.

Он откалиброван для того чтобы прервать цепь в случае перегрузки или короткого замыкания.

Поведение тепловых выключателей зависит от температуры окружающей среды, поскольку количество энергии, необходимое для нагрева биметаллической полосы до точки отключения зависит от его начальной температуры. Тепловые выключатели-это то, что прощает всплески тока, потому что требуется время, чтобы ток нагревал биметаллическую полосу. Всплеск в несколько циклов может не оказать влияния на прерыватель. По этой причине они относительно медленно реагируют на кратковременные изменения тока. Некоторые термальные автоматы защиты цепи также имеют магнитное реле для того чтобы воспринять течения короткого замыкания и прореагировать более быстро. Эти термомагнитные автоматические выключатели обеспечивают как защиту от перегрузки (с более медленным откликом), так и защиту от короткого замыкания (с более быстрым временем отклика).

МАГНИТНЫЕ АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

Магнитные автоматы защиты цепи воспринимают течение через магнитное поле в катушке провода. Магнитное поле, генерируемое током, протекающим через катушку провода, притягивает подпружиненный железный сердечник, который, в свою очередь, может вызвать переключатель, когда магнитное поле достаточно сильное. Этот соленоид очень быстродействующий и точный.

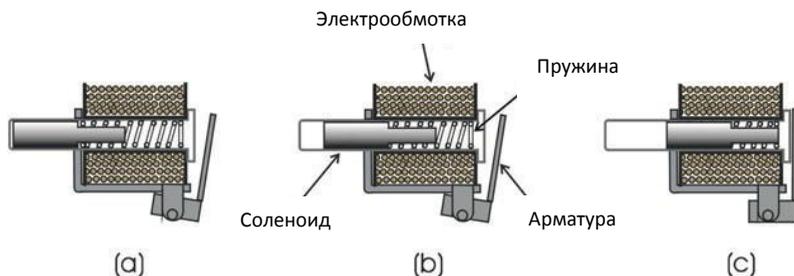


Рисунок 10.5

Магнитный автомат защиты цепи воспринимает течение при помощи катушки провода который создает магнитное поле внутри катушки. Магнитное поле индуктора толкает подвижный сердечник, который отключает подпружиненный переключатель на заданном уровне тока. а) вид в поперечном сечении магнитного выключателя без нагрузки. б) тот же выключатель с некоторой нагрузкой, но ниже порога срабатывания. (с) такой же выключатель за порогом задеиствуя течение.

Некоторые магнитные автоматы защиты цепи заполнены с вязкостной жидкостью для того чтобы ввести небольшую задержку к реакции соленоида. Это позволяет в течение коротких периодов пусковых токов и скачков, но обеспечивает защиту от перегрузки. Больших токов короткого замыкания достаточно для преодоления гидравлической задержки и отключения выключателя почти мгновенно.

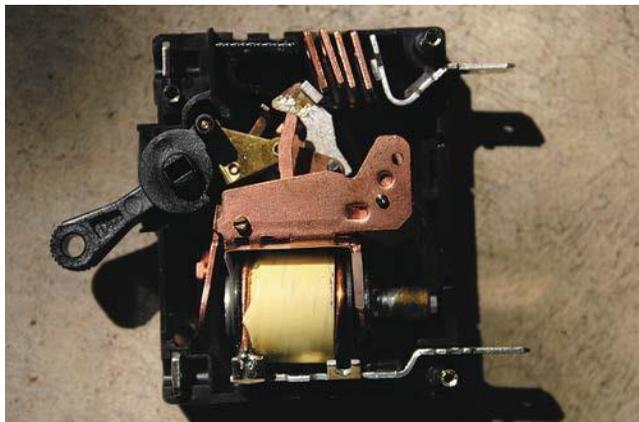


Рисунок 10.6

Магнитный выключатель, показывающий соленоид, подпружиненный поршень, якорь и привод.

Электронные выключатели заменяют магнитный соленоид на гораздо более быстрый и точный датчик Холла и цифровой обработки. Они не зависят от температуры окружающего воздуха и могут быть разработаны, чтобы отфильтровать гармоники, что исключает ложные срабатывания из-за гармонических токов.

ПРИБОРЫ ОСТАТОЧНОГО ТОКА

Некоторые системы распределения электроэнергии в Европе используют многоточечное заземление, а обратный путь для тока замыкания на Землю проходит через землю. Если импеданс достаточно высок, то ток повреждения будет пропорционально ниже и автоматический выключатель, защищающий цепь, не отключится, когда произойдет замыкание на землю. Это может быть очень опасная ситуация. По этой причине импеданс замыкания на Землю должен быть проверен, чтобы убедиться, что он достаточно низок, чтобы отключить автоматический выключатель в случае замыкания на землю. Если нет, то в цепи должно использоваться устройство остаточного тока. Они также требуются для портативного оборудования с питанием от сети, такого как спотспот, музыкальные инструменты и т. д.

Устройство остаточного тока-это устройство, которое обнаруживает дисбаланс между возбужденным проводником и нейтральным проводником, что указывает на ток утечки из-за удара или замыкания на землю. Они используют тороидальный трансформатор тока, через который проходят все токопроводящие проводники. Если векторная сумма выходного тока и обратного тока равна нулю, то управляющее напряжение не генерируется, так как магнитные поля, создаваемые токами, гаснут. Однако, в случае замыкания на землю, не весь исходящий ток будет возвращен через нейтральный проводник, таким образом сигнализируя о проблеме. Результирующее магнитное поле заставляет трансформатор тока вырабатывать напряжение, которое затем запускает соленоид и открывает переключающие контакты.

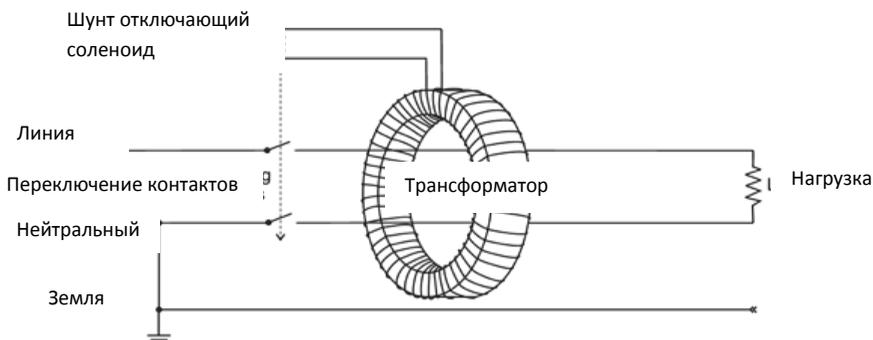


Рисунок 10.7

Устройство остаточного тока имеет трансформатор тока, через который проходят линейный и нейтральный проводники. Если векторная сумма выходного и обратного токов равна нулю, то напряжение в трансформаторе тока не генерируется. В случае замыкания на землю трансформатор тока генерирует напряжение, которое заставляет соленоид размыкать переключающие контакты. Устройство остаточного тока должно срабатывать при токе утечки 30 миллиампер или менее и иметь время работы не более 40 миллисекунд при остаточном токе 5 ампер. Согласно BS 7909:2011, устройство остаточного тока должно быть рассчитано на срабатывание при утечке 30 мА или более, и оно должно иметь время работы не более 40 мс при остаточном токе 5 А. не должно быть более шести конечных цепей (или ответвлений на Североамериканском языке), защищенных одним устройством остаточного тока, и срабатывание устройство остаточного тока не должно вводить опасности как лозоискательство Светов деятельности, освещения безопасности, или запасного освещения. Стандарты предполагают, что устройство остаточного тока типа А следует использовать, когда это возможно. Это устройства, которые могут использоваться с сигналами переменного тока, которые имеют постоянной составляющей из-за искажения.

В нем также говорится, что устройство остаточного тока типа В следует рассматривать для нагрузок, использующих широтно-импульсную модуляцию, которые включают светодиоды, источники питания в режиме переключения и двигатели с переменной скоростью.

ПРЕРЫВАТЕЛИ ЦЕПИ ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ

В 1962 году профессор Чарльз Далзил из Калифорнийского университета в Беркли узнал о устройстве остаточного тока через свою работу в области электробезопасности, когда он присутствовал на совещании в Женеве, Швейцария. Впоследствии он объединился с компания-производитель поможет разработать улучшенную версию устройство остаточного тока с более низким уровнем отключения. Используя электронную схему управления вместо электрического реле, они могли более точно контролировать дифференциальный ток. Таким образом, они смогли построить устройство с уровнем отключения 15 миллиампер. Они назвали его прерывателем цепи замыкания на землю (ВКЗЗ). К 1968 году Национальный электрический кодекс потребовал использования ВКЗЗ в схемах, используемых для подводного освещения бассейнов.

Класс А ВКЗЗ

Сегодня сотни миллионов ВКЗЗ установлены в электрические системы в Северной Америке. Согласованного три-государственный стандарт, определяющий класс ВКЗЗ был совместно выданный апсе в Мексике в качестве приложения npx Дж 520 ККА в Канаде, CSA C22.2 и по ул в Соединенных Штатах, ул 943 в 2008 году. Стандарт описывает класс А ВКЗЗ как устройства, предназначенные для прерывания цепи, когда ток замыкания на заземлении превышает 6 миллиампер, но он не должен отключаться менее чем на 4 миллиампер тока утечки. ВКЗЗ -это устройства с обратным временем, поэтому они быстрее реагируют на более высокие токи. Время, необходимое для отключения ВКЗЗ класса А, следует формуле $T = (20/I)1.43$. Течение 6 mA причинит его задействовать в около 5,6 секундах, пока течение 20 mA причинит его задействовать в около 1 секунде. Оригинальные ВКЗЗ были G ВКЗЗ класса В, и у них был минимальный ток отключения 20 миллиампер. Они использовались в схемах освещения бассейна, но они теперь устарели. Тем не менее, есть еще некоторые, которые были установлены давно.

Поскольку RCDs и выключатели утечки на землю имеют более высокие токи отключения, они не соответствуют стандарту класса А ВКЗЗ в Северной Америке. Однако в некоторых других странах они считаются средствами защиты персонала.

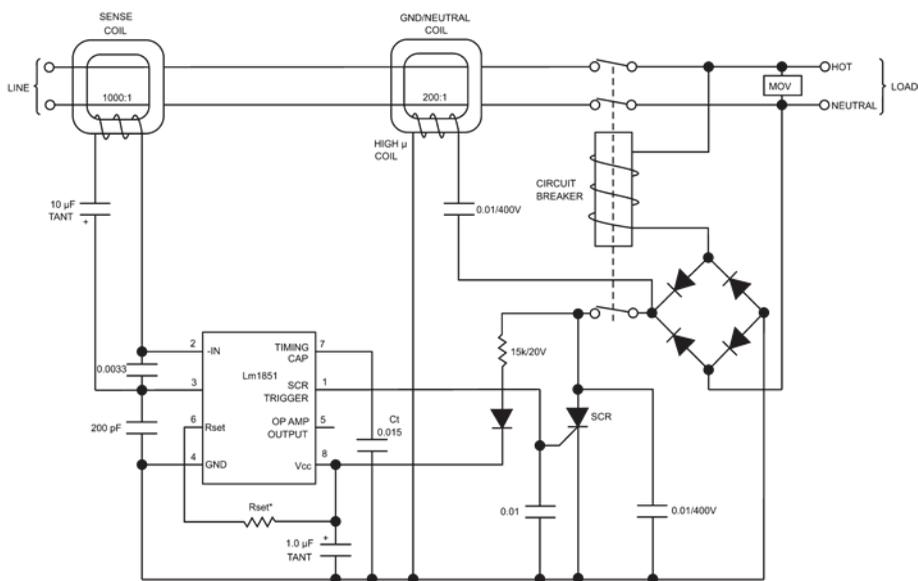


Рисунок 10.8

ВКЗЗ прибор предохранения от персонала который может обнаружить течение утечки и прервать цепь в определенном количестве времени. Оно имеет а “путешествие” стоимостью 6 илиампер и “не поездки” стоимостью 4 миллиампер.

До недавнего времени индустрия событий, связанных с живым производством, оставалась наедине со своими устройствами в отношении использования ВКЗЗ. В 2009 году американский национальный стандарт E1.19, была опубликована рекомендуемая практика использования межсетевых устройств класса А ВКЗЗ, предназначенных для защиты персонала в индустрии развлечений. Эта рекомендуемая практика определяет, когда, где и как ВКЗЗ в местах сборки, производства кино -, видеопродукции и вещания, театральных постановок, карнавалов, ярмарок и аналогичных мероприятий в Северной Америке. Она охватывает электрические услуги 100 ампер или меньше, 120-240 В переменного тока одно - и трехфазные с частотой 60 Гц, в цепях, где напряжение не превышает 150 В переменного тока. Отметим, что поскольку напряжение в Европе 230 В переменного тока или 240 В переменного тока, стандартный исключаются этих систем.

Вкратце, стандарт требует использования ВКЗЗ в любых наружных, влажных или влажных местах, если схема не предназначена для выходного освещения, выходного освещения или систем аварийного освещения, или если отключение ВКЗЗ может привести к травме. Поскольку схема

управления в ВКЗЗ требует постоянной мощности, использование стандартных ВКЗЗ на затемненных цепи не допускается. Однако существуют специальные ВКЗЗ с отдельным входом без диммера, предназначенные для использования с определенными стойками диммеров.

Большинство ВКЗЗ не могут использоваться в схеме затемнения, поскольку они получают питание для бортовой электроники от живого или горячего проводника. Когда затемнитель падает напряжение ниже порога напряжения, необходимого для питания схемы, ВКЗЗ перестает работать. В большинстве ВКЗЗ нет внешних признаков того, работают Они или нет. Вот почему у них есть кнопки тестирования и сброса. Есть, однако, некоторые ВКЗЗ, которые предназначены для работы с затемненными схемами. Они имеют отдельный кабель постоянной мощности для электроники и другой набор терминалов, одну пару для входа и одну пару для выхода.

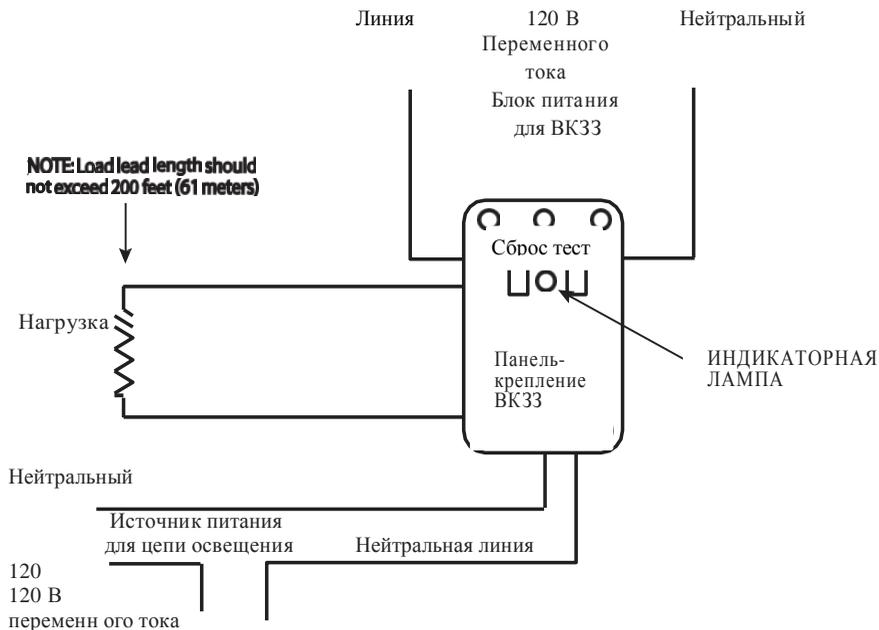


Рисунок 10.9

Большинство ВКЗЗ не работают должным образом в затемненных схемах. Некоторые которые сконструированы для работы в затемненных цепях, как Затемнитель датчика ВКЗЗ



Модуль и держатель панели ВКЗЗ 36895

Leviton для систем

затемнения театра (показанных здесь в структурной схеме).

Некоторые нагрузки, такие как балласты и Источник питания устройства управления и контроля с коэффициентом аудиоусилителя, сложно использовать с ВКЗЗ из-за конструкции нагрузки. Иногда шумовые фильтры используют конденсаторы для отвода тока в шасси, который в ВКЗЗ читается как ток утечки, поэтому они «вызывают неприятности». Чтобы свести к минимуму неприятные срабатывания, сделайте кабель питания как можно короче, чтобы устранить как можно больше утечек из проводки. Если устройство не может работать с защитой ВКЗЗ, когда это должно быть, то либо не используйте его, либо предотвратите случайный удар другим способом. Держите его сухим, изолируйте его, охраняйте его, положите его за барьер толпы или достаточно высоко, чтобы никто не мог добраться до него, или иным образом убедитесь, что он не вызывает аварии.

ПОНИМАНИЕ ЗАЩИТЫ ОТ ПЕРЕГРУЗКИ ПО ТОКУ

- 10.1 Какова связь между величиной перегрузки по току и временем, необходимым для срабатывания предохранителя или автоматического выключателя?
- 10.2 Почему предохранители имеют номинальное напряжение?
- 10.3 Что такое предохранитель высокой отключающей способности и где они обычно используются?
- 10.4 Какова цель предохранителя ограничения тока? Как он работает?
- 10.5 Правильно расклассифицированный взрыватель конструирован для того чтобы выдержать напряжение тока открытой цепи для $t_{\text{омы.секунд}}$ или иметь сопротивление прерывания по крайней мере
- 10.6 Какова цель использования предохранителя с временной задержкой?
- 10.7 Какова цель заполнения предохранителя кварцевым песком?
- 10.8 Опишите процесс, с помощью которого тепловой выключатель воспринимает ток и размыкает цепь в случае перегрузки по току.
- 10.9 Почему термальные автоматы защиты цепи более прощающ спайков и пульсаций напряжения тока?
- 10.10 Какова цель объединения тепловой защиты от перегрузки с магнитной защитой цепи?
- 10.11 Опишите процесс, с помощью которого работает магнитный выключатель.
- 10.12 Какой тип выключателя является более точным, тепловым или магнитным?
- 10.13 Как температура окружающей среды влияет на термальные автоматы защиты цепи? Как это влияет на магнитные выключатели?

10.14 Тип В миниатюрными выключателями срабатывает мгновенно, когда ток между и раз номинальный ток.

10.15 Что такое код?

10.16 Что такое ВКЗЗ?

10.17 В чем разница между устройством остаточного тока и ВКЗЗ?

10.18 В чем разница между классом А и классом В ВКЗЗ?

10.19 Делает BSR E1.19, рекомендуемая практика использования прерывателей цепи замыкания на Землю класса А (ВКЗЗ), предназначенных для защиты персонала в индустрии развлечений, охватывает европейские системы распределения электроэнергии?

10.20 Когда и где следует использовать ВКЗЗ?

10.21 Должны ли ВКЗЗ использоваться для ответвлений для освещения на катке?

10.22 Когда не следует использовать ВКЗЗ?

10.23 Почему использование стандартных ВКЗЗ запрещено для использования в затемненных схемах?

10.24 Может ли ВКЗЗ работать без заземления оборудования?

10.25 Что может защитить системный заземлитель от того, что не может ВКЗЗ?

Затемнение, светодиоды и гармоники

"Я изобрел электронное затемнение в 1939 году, и все смеялись... вся эта идея была воспринята с большим презрением. Идея использования обратных поляризованных выпрямителей была новой идеей тогда."

Джордж Изенур, почетный профессор театрального дизайна и технологии и почетный директор электромеханической лаборатории Школы драмы Йельского университета, цитируется в " вращении вокруг движения
Lights by Raymond A. Kent

Два из самых важных изобретений в истории театра и производства живых событий были электронные затемнения и светодиоды. И так же, как электронные регуляторы освещённости навсегда изменили театральное производство, так и светодиоды меняют театральное производство и любой другой сегмент светотехнической промышленности. Первые практические светодиоды были введены в начале 1960-х годов, но из-за их небольшого размера и низкой светоотдачи они имели ограниченное использование. Эти ранние светодиоды использовались в основном как индикаторные панели.

В 2000 году доктор Роланд Хайц, в то время научный сотрудник Agilent Technologies, представил Белую бумагу, в которой он заметил, что светодиоды увеличиваются в яркости в 20 раз каждые десять лет с момента их появления. Это наблюдение, теперь известное как "закон Хайца", может быть или не быть истинным к тому времени, когда вы читаете эти слова. Однако правда в том, что светодиоды теперь оставляют неизгладимый след в индустрии производства живых событий. Но так было не всегда.

В 1997, новая компания сделала свой дебют на светодиодах, самой большой торговой выставке для индустрии освещения зрелищности в Северной Америке. Весь их дисплей состоял из двух светодиодных светильников размером примерно с PAR 36 и PAR 46. Они едва ли были достаточно яркими, чтобы конкурировать с другими огнями на выставке в том году. Некоторые из нас на шоу в том году смеялись над тем, что казалось тщетной попыткой использовать светодиоды в сценическом освещении. Но эта компания, называемая Color Kinetics, получила последний смех, когда всего

десять лет спустя Philips купила их за 791 миллион долларов.

Такова была сила закона Хайца. В течение многих лет после этого шоу, светодиодные светильники остались диммер братьев и сестер из мира развлечений освещения.

В декабре 2009 года на выставке Daughtry я понял, что светодиодные светильники перешли порог от «низкой» яркости до, по крайней мере, равной яркости по сравнению с другими более традиционными источниками света. Если вы посмотрите на изображение этого шоу (Рисунок 11.1), вы увидите шесть светодиодных светильников GLP Impression, установленных на стременах, три над ступенью слева и три над ступенью справа. Вы также увидите восемь светильников Martin MAC 2000, сидящих на полу сцены и разбросанных по задней части сцены. С моего наблюдательного пункта на арене невооруженным глазом было видно, что впечатления были такими же яркими, как MAC 2000. На снимке это не выглядит так, потому что камера видит вещи иначе, чем человеческий глаз, но для тысяч людей во плоти они были одинаково яркими.



Рисунок 11.1

Выставка Daughtry в декабре 2009 со светодиодными светильниками и дуговыми лампами. (Фото Морген Ловен.)

Но яркость была не единственным препятствием, которое светодиоды должны были преодолеть. Ранние светодиодные светильники страдали от плохой цветопередачи и точности цветопередачи, мерцания на камере, высокой стоимости и плавного затемнения. Некоторые люди будут утверждать, что некоторые из них по-прежнему проблемы для многих светодиодов, но улучшения делаются каждый день. Теперь они до такой степени, что почти повсеместно признано, что

светодиоды здесь, чтобы остаться. Они никогда не могут полностью заменить лампы накаливания, но они уже почти полностью заменили их с точки зрения разработки нового продукта. Как ни крути, светодиоды постепенно вытесняют лампы накаливания в качестве основного источника света. В результате вместе с ним меняется и распределение электроэнергии.

Светодиодная подсветка

Светодиоды обычно затемняются источником питания, использующим широтно-импульсную модуляцию. Электропитание преобразовывает входящее течение переменный ток к постоянному току низшего напряжения,

потому что светодиоды работают при гораздо более низком напряжении. Затем, в течение фиксированного промежутка времени, он включает ток на процент от окна и выключается на оставшуюся продолжительность. Приводя настоящая форма волны прямоугольная волна с переменным кругом обязанностей. Чем шире ширина импульса, тем ярче выход светодиода; чем уже ширина импульса, тем тусклее выход. На полную яркость, ток стабильного постоянного тока и на отключения тока нет вообще.

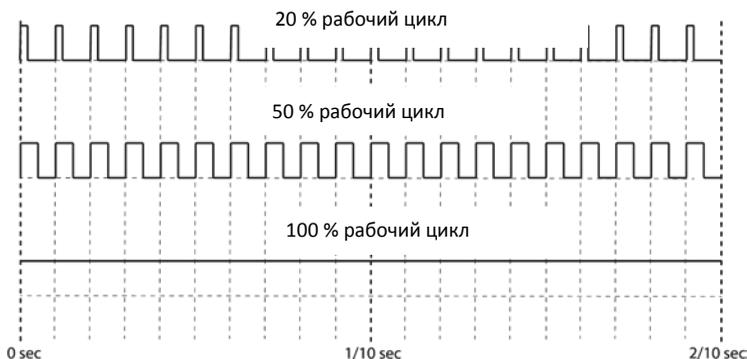


Рисунок 11.2

Широтно- импульсная модуляция показывает 20%, 50% и 100% рабочий цикл, что соответствует уровню затемнения в светодиоде.

Частота модуляции обычно составляет 300 Гц или выше. Более низкие частоты могут взаимодействовать с частотой кадров видео-и кинокамер, что приводит к мерцанию, особенно при более низких рабочих циклах или уровнях затемнения. Целое число принципов частоты кадров камеры производит меньше взаимодействия.

Большинство светодиодных светильников имеют встроенное затемнение, что означает, что многие системные дизайнеры меняют способ проектирования центров исполнительских искусств, концертных залов, театров и других пространств. Вместо использования централизованного затемнения в серии стеллажей, расположенных в электрическом шкафу или тусклой комнате,

распределенное затемнение используется чаще, где не затемненные цепи поставляются в каждом месте подвешивания. Если раскаленный добела люминер необходим, то одноканальный затемнитель можно поставить с люминером.

СТАБИЛИЗАЦИЯ ФАЗЫ ДИММИРОВАНИЯ

Затемнители используемые наиболее часто в театре, путешествии концерта, и других продукциях события в реальном масштабе времени обычно затемнители участк- управления. Они используют электронный переключатель контролируемый СЦЕНИЧЕСКИЙ СВЕТИЛЬНИК ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СВЕТОВЫХ ЭФФЕКТОВ С УПРАВЛЕНИЕМ ЧЕРЕЗ ЦИФРОВОЙ ПРОТОКОЛ РЕГУЛЯТОРОМ СВЕТА Сигнал управления СЦЕНИЧЕСКИЙ СВЕТИЛЬНИК ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СВЕТОВЫХ ЭФФЕКТОВ С УПРАВЛЕНИЕМ ЧЕРЕЗ ЦИФРОВОЙ ПРОТОКОЛ РЕГУЛЯТОРОМ СВЕТА устанавливает затемняя уровень и затемнитель поворачивает прикладное напряжение с и дальше раз в каждом полупериоде волны синуса напряжения тока (120 времен каждая секунда в системе 60 Hz или 100 времен каждая секунда в системе 50 Hz). Путем изменять отрезок времени напряжение тока держится дальше сравненный к отрезку времени оно держится определяет затемняя уровень.

Рисунок 11.3

Типичная портативная более тусклая стойка. (Фото предоставлено LSC-www.lsclighting.com.au.)

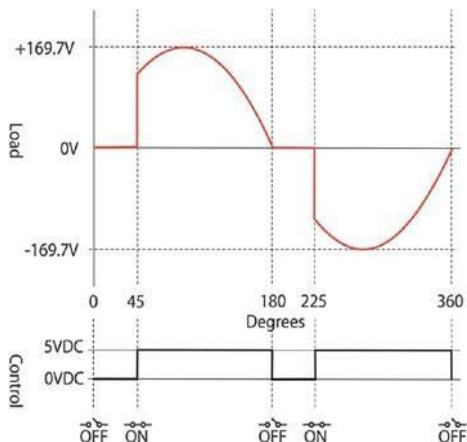


На рис. 11.4, переключатель в нижней части иллюстрации выключается и на один раз в течение каждого полупериода. Он поворачивает на 0° и дальше на 45° , тогда он поворачивает снова на 180° и дальше снова на 225° . Он повторяет эту последовательность для каждого цикла синусоидального напряжения до тех пор, пока уровень затемнения не изменится. Обратите внимание, что переключение в негативная половина зеркал цикла, что положительного полупериода. В противном случае форма волны напряжения будет генерировать смещение постоянного тока, которое может повредить компоненты в цепи.

Рисунок 11.4

Доработанная форма волны напряжения тока показывая действие переключения прямого затемнителя участок-управления.

Управляющий сигнал в нижней части иллюстрации поворачивается включение и выключение в нужное время, чтобы создать нужный уровень затемнения.



Переключающее устройство может быть либо симистором, либо кремниевым управляемым выпрямителем. Оба являются твердотельными переключателями, которые управляются низковольтным управляющим сигналом. Сигнал управления возникает на пульте освещения, который выводит его к затемнителю, обычно через СЦЕНИЧЕСКИЙ СВЕТИЛЬНИК ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СВЕТОВЫХ ЭФФЕКТОВ С УПРАВЛЕНИЕМ ЧЕРЕЗ ЦИФРОВОЙ ПРОТОКОЛ РЕГУЛЯТОРОМ СВЕТА. Процессор в диммере принимает выход консоли и переводит его в сигнал синхронизации, который ссылается на нулевое пересечение переменного напряжения. Этот сигнал синхронизации включает переключатель точно под прямым фазовым углом, называемым "углом стрельбы", относительно синусоиды. Напряжение когда фазовый угол достигает 180° в положительном полупериоде или 360° в отрицательном полупериоде, напряжение возвращается к нулю и остается выключенным до следующего цикла переключения. Приводя к доработанная форма волны напряжения тока контролируетуровень яркости света.

Симистор является двунаправленным переключателем, то есть он может проводить ток как в положительном и отрицательном направлениях. С другой стороны, однонаправленный переключатель; он может проводить в только одном направлении. Чтобы провести полный цикл напряжения, диммеры, использующие SCR, имеют два из них, соединенные в параллельно-параллельном направлении (один подключен в одном направлении, а другой в противоположном направлении). Таким образом, первый проводит во время положительного полупериода, в то время как второй выключен, а второй проводит во время отрицательного полупериода, в то время как первый выключен. Это позволяет использовать один ТРИНИСТОР, чтобы остыть в то время как другой проводит. Регуляторы освещённости с скл имеют тенденцию быть более надежными, чем регуляторы освещённости с симисторы, потому что скл применяются с коэффициентом заполнения 50%. С другой стороны, СКР стоят дороже симисторов.

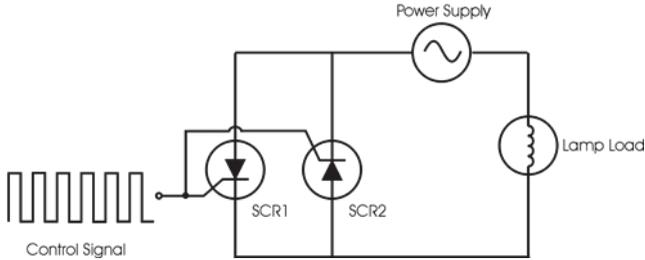


Рисунок 11.5

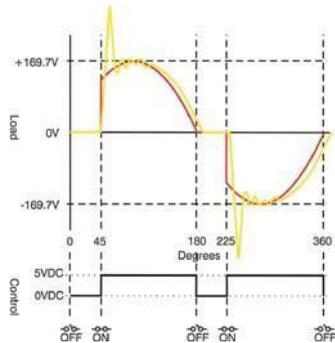
Прямая управляемая фазой схема затемнения, показывающая два Scr (SCR1 и SCR2), соединенных обратным параллельным способом. Сигнал управления регулирует круг обязанностей настоящей подачи, таким образом затемняя светильник.

В прямом контролируемом участке затемнителя, когда напряжение тока включено во время середины цикла, течение поднимает очень быстро для того чтобы уловить вверх с напряжением тока. В результате он производит текущий всплеск и превышает уровень, где он должен быть. Острые края доработанной формы волны причиняют механическую вибрацию нити, которая производит слышную частоту названную нить поет. Частота и амплитуда зависят от уровня диммера и резонансной частоты нити накала. Громче всего, когда уровень затемнения составляет около половины.

Чтобы помочь смягчить эту проблему, дроссель помещен последовательно с нагрузкой, чтобы ограничить, как быстро ток поднимается, таким образом ограничивая превышение. Чем больше дроссель, тем

Рисунок 11.6

В прямом контролируемом участке затемнителя, напряжение тока (в красном цвете) поворачивает дальше в середине цикла и течение (в желтом цвете) поднимает быстро для того чтобы попытаться уловить вверх. В результате он перевыполняет свою цель, окончательно успокаиваясь на своем правильном уровне.



больше это ограничивает изменение тока. Время нарастания является мерой эффективности дросселя и измеряется в микросекундах, или МКС (10-6 секунд). Чем больше время нарастания, тем меньше механическая вибрация, тем тише система затемнения. В Северной Америке недорогие регуляторы освещённости могут иметь время нарастания около 80 МКС или меньше, а

стандартные регуляторы освещённости обычно имеют время нарастания около 350 МКС. Улучшенные затемнители представления имеют время нарастания около 500 или 600 мсес, и высокорослые затемнители времени имеют время нарастания до 800 мсес. Большие дроссели стоят дороже, поэтому высотные регуляторы освещённости продаются с наценкой. Они также тяжелее потому что у них больше медных обмоток.



Рисунок 11.7

Диммер модули, показывающие дроссели. Слева- одноканальный диммерный модуль с дросселями 800 МКС; справа двухканальный диммерный модуль той же емкости, но с 350-МКС дроссели. Обратите внимание на разницу в размерах между высотным дросселем и стандартным дросселем. (Фото предоставлено Левитон.)

СТАБИЛИЗАЦИЯ ПРОТИВОПОЛОЖНОЙ ФАЗЫ ДИММИРОВАНИЯ

Передние затемнители участк-управления используют приборы переключения как симисторы или SCRs которые могут повернуть напряжение тока дальше в любое время во время цикла, но они могут повернуть только на нул-точке пересечения, когда никакой настоящей пропускает. Это происходит потому, что прерывание цепи под нагрузкой вызывает дугу, которая может разрушить некоторые электронные компоненты. Таким образом, в то время как симисторы и Scg хороши для прямого управления фазой-включение во время цикла напряжения—они не могут использоваться для обратного управления фазой— выключение напряжения во время цикла напряжения. Но есть устройства, которые можно использовать для этой цели.

Биполярный транзистор с изолированным затвором (IGBT) - это тип переключающего транзистора, который может обрабатывать относительно большие токи. Его можно повернуть включено-выключено в любое время во время цикла напряжения тока, следовательно его можно использовать для обратный затемнять участк-управления.

Обратный затемнять участк-управления подобен прямой затемнять участк-

управления за исключением переключателя дальше в начале каждого полупериода и он поворачивает на некоторый этап во время каждого полупериода. Так же, как и при прямом регулировании фазы затемнения, два полупериода должны зеркально отражать друг друга, или будет произведено смещение постоянного тока, что может привести к повреждению компонентов цепи. Она делает это путем отключения напряжения в двух точках, разделенных на 180° . Например, если положительный полупериод выключен 60° , после этого отрицательный полупериод переключен на 240° .

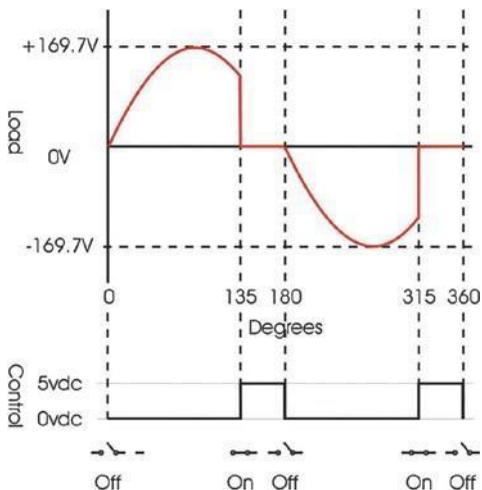


Рисунок 11.8

Обратный затемняя участок-управления показывая форму волны напряжения тока поворачивая на 135° и поворачивая дальше на 180° , тогда поворачивал снова на 315° и назад дальше на 360° .

Потому что напряжение тока переключено во время цикла напряжения тока вместо быть включенным, никакой настоящий Спайк, никакой overshoot, и никакая потребность использовать дроссели для того чтобы контролировать время нарастания. Так что обратная фаза-управление диммерами по весу легче, чем первая фаза управления регуляторами освещённости с чоками. Но транзисторы и аналогичные силовотокковые транзисторы переключения дороже чем Скрс или симисторы, поэтому обратные затемнители участок-управления типично дороже чем обычные затемнители.

ДИММИРОВАНИЕ СИНУСОИДА

Силовоточные регулируя транзисторы можно также использовать для того чтобы затемнить нагрузки путем использование широтно - импульсной модуляции вместо участок-управления. Синусоидальный диммер включает и выключает напряжение несколько тысяч раз в течение каждого цикла, изменяя ширину импульса

напряжения. Выход следует за синусоидой напряжения, но амплитуда изменяется в зависимости от ширины импульса напряжения. В результате сохраняется исходная синусоидальная форма сигнала и нагрузка затемняется в соответствии с рабочим циклом импульсов напряжения. Например, когда рабочий цикл каждого импульса напряжения составляет 50%, уровень затемнения составляет 50%.

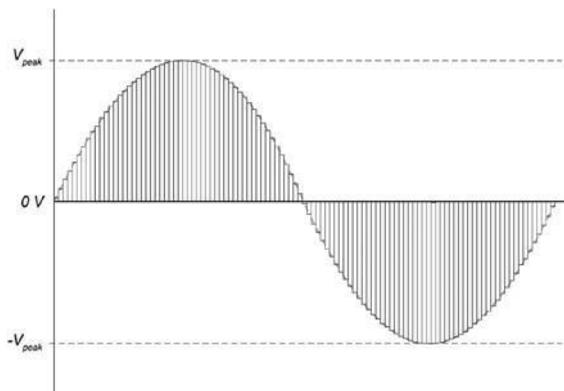


Рисунок 11.9

Синусоидальный диммер изменяет амплитуду синусоиды, используя ширину импульса модуляции. Транзистор переключает напряжение и выключается несколько тысяч раз в течение каждого цикла напряжения. Длительность импульса напряжения и тока определяет уровень напряжения.

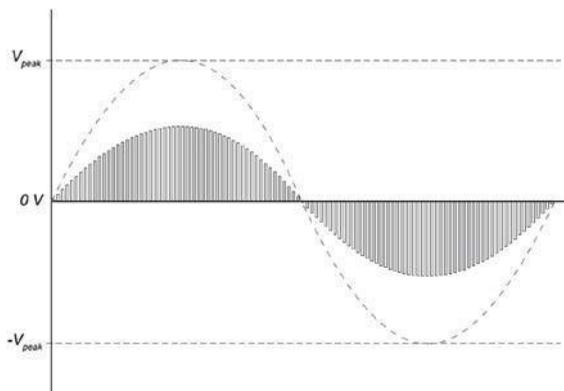


Рисунок 11.10

А синусоида диммер осциллограммы, иллюстрирующей 50% широтно-импульсной и результирующей амплитуды напряжения.

Частота переключения синусоидальных диммеров находится в диапазоне от 30 кГц до 50 кГц, хотя новая и более быстрая технология позволит повысить частоту переключения. Преимущество более высоких частот переключения состоит в том, что они могут работать с меньшими индукторами и трансформаторами.

Синусоидальные регуляторы освещённости считаются линейными нагрузками, что означает, что они рисуют ток линейным способом; если входное напряжение является синусоидальным, то ток рисуется в синусоидальной форме. Преимущества иметь линейную нагрузку много. Прежде всего, синусоидальный диммер не производит гармоник третьего порядка, и, как следствие, они не добавляют к току, протекающему в нейтральном проводнике в трехфазной системе даже при затемнении. Они также не производят никакой нить поют, они не требуют, что никакие дроссели контролируют время нарастания, и они гораздо тише чем обычные затемнители. Но большие токовые транзисторы дороги, а синусоидальные регуляторы освещённости имеют премиальную цену.



Рисунок 11.11

Сумма синусоида Дим- модуля мер (верхний левый), Swisson в XSD синусоида диммер пакет (внизу слева), и т. д. датчик+ синусоида диммер для одежды.

каждой из фаз. Если бы мы загрузили систему более чем на 58% от ее полной мощности, мы бы перегрузили нейтральный проводник ($173\% \times 58\% = 100\%$).

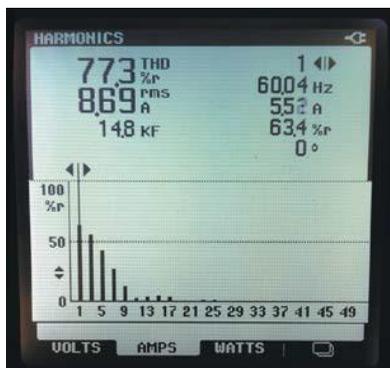


Рисунок 11.12

Дисплей на этом измерителе качества мощности показывает полное гармоническое искажение 77,3%, что привело к тому, что ток, протекающий через нейтраль, достиг около 170% фазного тока в сбалансированной трехфазной системе.

Высокий нейтральный ток может представлять проблему, потому что нейтральный проводник является единственным нормально токоведущим проводником без защиты от перегрузки по току. По этой причине системы распределения электроэнергии в реальном времени часто имеют двойные нейтральные проводники, которые требуют негабаритных нейтральных компонентов через систему распределения электроэнергии. Удвоение нейтрального проводника бесполезно, если питающий трансформатор не может справиться с высокими нейтральными токами. Высокий нейтральный ток также способствует падению напряжения, нагреву и, возможно, преждевременному выходу из строя компонентов распределения электроэнергии.

До распространения настольных компьютеров и импульсных источников питания многие фидерные трансформаторы были построены с низкорослыми нейтральными проводниками. Когда настольные компьютеры стали нормой, появилась сыпь фидерных трансформаторов, которые перегревались и выходили из строя, что привело к разработке рейтинговой системы для трансформаторов, основанной на размере нейтральных компонентов и его способности обрабатывать нейтральный ток.

ПИТАЮЩИЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ ДЛЯ НЕЛИНЕЙНЫХ НАГРУЗОК

До распространения автоматизированных огней, светодиодов и НМИ большинство нагрузок в производстве живых событий были линейными, за исключением диммеров. Сегодня, подавляющее большинство осветительных установок зрелищности имеет нелинейные нагрузки как Сид, электропитания

переключател- режима, и передний затемнять участк-управления. Это меняет характер систем распределения электроэнергии.

На недавней мастерской, мы настроили некоторые стандартные дневные мягкие света которые часто используются в продукции телевидения и студии. Мы уравнили трехфазную систему, установив одинаковое количество светильников на каждой фазе, и провели текущие измерения на всех трех фазах и нейтрали. Гармоническое искажение составило 77,3% (см. Рисунок 11.12), а ток на нейтрали - около 173% основных.

К-НОМИНАЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

Трансформатор к-расклассифицированный специально построенный трансформатор перепада-Уай конструированный для того чтобы выдержать жару и эффективно управлять гармониками произведенными нелинейными нагрузками. К-номинальные трансформаторы имеют большие проводники, специальную геометрию обмотки, тепловые каналы охлаждения, большие железные сердечники и большой нейтральный терминал. В добавлении, конфигурация перепада-wye изолирует гармонические токи triplen и держит их от распространять через всю электрическую систему потому что они рециркулируют в замках перепада

Затемнение, светодиоды и гармоники

Коэффициент К (коэффициент К в Европе) является мерой количества тепла, вырабатываемого в трансформаторе из-за содержания гармоник; он выводится из отношения содержания гармоник формы волны по сравнению с общим током. Номинальность К трансформатора индикация как наилучшим образом она может поставить силу к нелинейным нагрузкам без превышения своего диапазона температур. Диапазон значений от 1 до 50, но стандартные рейтинги включают 4, 9, 13, 20, 30, 40, и 50.

Для стационарно установленных систем в современных производственных условиях трансформатор с номинальным К и большой нейтральный проводник могут обеспечить защиту от деградации нейтральных компонентов из-за нагрева. Требуемая к-номинальность зависит от гармонического содержания нагрузок, который нужно соединиться. Стандарт ANSI/стандарта IEEE C57.110 описываются рейтинги следующим образом:

□ К-1: Трансформатор предназначен для обработки тепловых эффектов вихревых токов и других потерь из-за синусоидальных токов 60 Гц. Он может или не может быть конструирован для регуляции увеличенных тепловых эффектов гармонических токов.

□ К-4: Трансформатор, предназначенный для подачи номинальной кажущейся мощности (в кВА) на нагрузку без перегрева, если ток состоит из синусоиды 60 Гц плюс 16% тока третьей гармоники, 10% тока пятой гармоники, 7% тока седьмой гармоники, 5,5% тока девятой гармоники и т. д., до 25-й гармоники.

- К-9: Трансформатор предназначен для размещения 163% гармонической нагрузки трансформатора к-4 номинальной.
- К-13: Трансформатор конструированный для того чтобы приспособить 200% из гармонической нагрузки трансформатора расклассифицированного К-4.
- К-20, К-30, К-40: Трансформаторы конструировали отрегулировать подряд более большое количество содержания гармоник без перегреть.

К-номинальная трансформаторы предназначены для обработки тепла по тому, сколько дополнительный ток, протекающий в нейтрали, но они не так эффективны, как стандартные трансформаторы и они, как правило, искажения напряжения при нелинейной нагрузке.

ГАРМОНИЧЕСКИЕ СМЯГЧАЮЩИЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

Гармонический смягчающий трансформатор специально разработан для уменьшения гармонических токов из-за нелинейных нагрузок в трехфазной системе. Каждая из трех вторичных обмоток разделена на две, и каждая половина намотана на другой участок железного сердечника трансформатора. Обмотки расположены зигзагообразно (см. рис. 11.13) так, что магнитный поток, генерируемый трипленами, гасится, тем самым гасятся гармонические токи.

Первичным может быть Дельта или Уай (звезда), а вторичным-Уай. Комбинация известна как Дельта - или Уай-зигзагообразный трансформатор.

Гашение магнитных полей за счет токов триплена уменьшает сопротивление трансформатора и повышает КПД. Пониженные гармонические частоты также снижают рабочую температуру. Гармонический смягчающий трансформатор стоят больше, чем стандартный трансформатор, но они обычно имеют относительно быструю окупаемость.

Гармонический смягчающий трансформатор предназначены для ослабления 5-го, 7-го, и 11-й гармоник за счет сдвига фазы. Эти гармоники являются побочными продуктами

Цепей частотно-регулируемого привода.

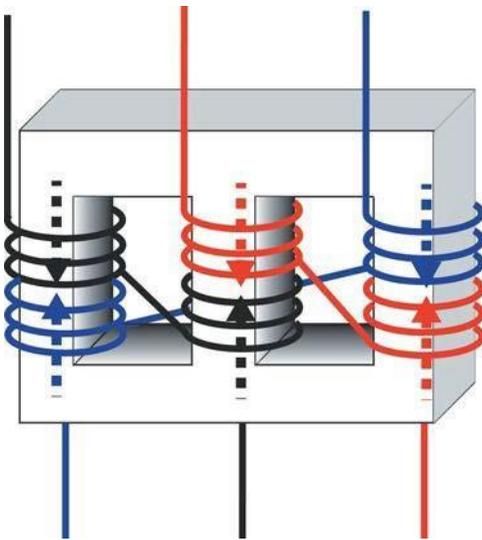


Рисунок 11.13

Обмотки Гар-монического смягчающего трансформатора разделены надвое, и каждая половина намотана на другой участок железного сердечника трансформатора. Магнитные поля, обусловленные тройными токами (представленными на рисунке пунктирными линиями) в парах обмоток, находятся в прямой противоположности друг другу, поэтому они гаснут. Это предотвращает триплен течения от пропускать и держит течение от пропускать в нейтрали проводник сбалансированной трехфазной системы.

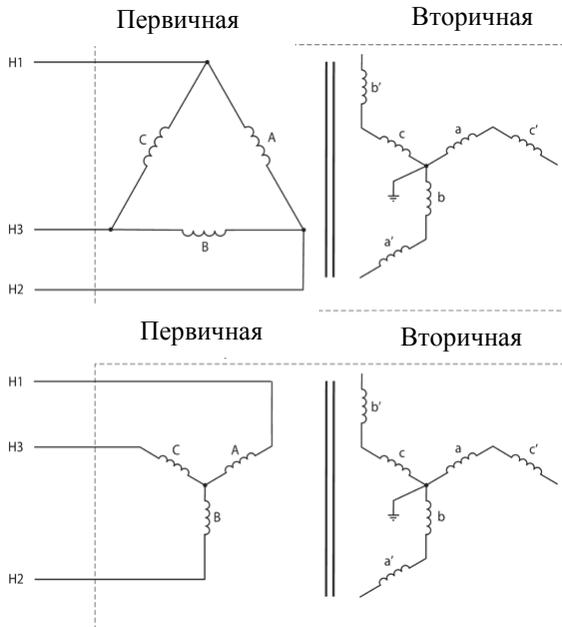


Рисунок 11.14

Дельта - зигзаг (сверху) и Уай-или стар-зигзаг трансформатор (снизу).

СИСТЕМЫ ПОДАВЛЕНИЯ ГАРМОНИК

Другой способ решения гармонических токов третьего порядка заключается в использовании настроенного фильтра RLC (резистор-индуктор-конденсатор) для блокировки токов 150 Гц или 180 Гц, но эти системы подавления гармоник не должны использоваться с системами затемнения. При последовательном размещении цепи RLC с правильными значениями между нейтральным проводником и нейтральным выводом вторичной обмотки на трансформаторе Дельта-Уай токи третьей гармоники представлены с очень высоким импедансом, в то время как токи основной частоты не видят. Эта система эффективно преграждает *triplets* и держит их от обеспечивать циркуляцию в системе.

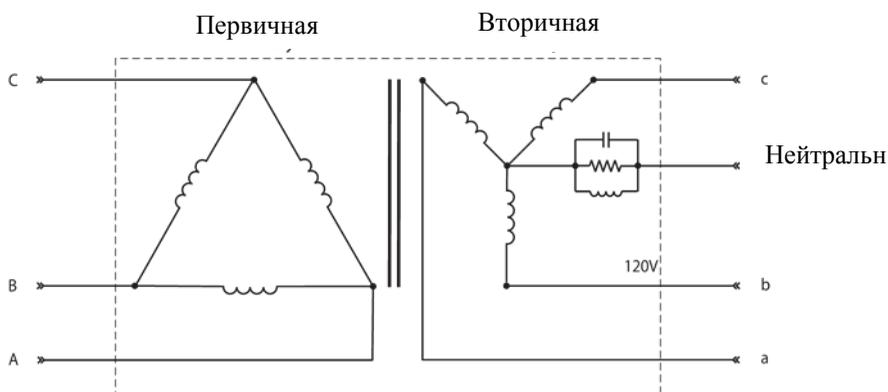


Рисунок 11.15

Такие системы подавления гармоник не должны использоваться с системами затемнения. Цепь RLC, включенная между нейтральным проводником и нейтральным выводом трансформатора delta-wye, блокирует токи третьей гармоники от циркулирующих в системе. Он также вводит искажение напряжения тока, которое может причинить затемнители работать неустойчиво.

Проблема использования этого типа подавления гармоник заключается в том, что оно искажает напряжение и приводит к плохому качеству электроэнергии. Форма волны напряжения становится плоской на пике и начинает напоминать прямоугольную волну. Для многих приложений, таких как персональные компьютеры, факсы и копировальные аппараты, это искажение не будет отрицательно влиять на их работу. Но для затемнять применения, оно смогло очень хорошо причинить неустойчивое поведение включая мелькать и сбивчивый затемнять.

ПОНИМАНИЕ СИСТЕМ ДИММИРОВАНИЯ

- 11.1 Что такое широтно-импульсная модуляция? Почему Сид не может работать с передними участк-контролируемыми затемнителями?
- 11.2 Если светодиод имеет источник питания, который использует широтно-импульсную модуляцию, это линейная нагрузка или нелинейная нагрузка?
- 11.3 Как частота Сид широтно-импульсной модуляции влияет на фликер на видео или фильме?
- 11.4 Можете ли вы привести в действие светодиод, который имеет источник питания, используя широтно-импульсную модуляцию с диммером?
- 11.5 Что произойдет, если симистор будут использоваться для затемнения лампы накаливания с использованием обратного фазового управления?
- 11.6 Как интенсивность затемненной лампы изменяется с углом стрельбы?
- 11.7 Что произойдет, если положительные и отрицательные полупериоды диммера не будут зеркально отражать друг друга?
- 11.8 Почему для работы одного канала диммера требуется два симистора?
- 11.9 Как дроссель уменьшает или исключает шум в затемнителе?
- 11.10 Почему обратному затемнять участк-управления не нужен дроссель?
- 11.11 Что вызывает гармонические токи в электрической системе?
- 11.12 Высокое содержание гармоник, создаваемое нелинейной нагрузкой, приводит к протеканию тока в нейтральном проводнике трехфазной системы независимо от того, сбалансированы ли три фазы. Что случилось с током, протекающим в нейтральном проводнике?
- 11.13 К-номинальный трансформатор предотвращает протекание гармонического тока через электрическую систему? Если нет, то чем они отличаются от других трансформаторов?
- 11.14 Как гармонический смягчающий трансформатор предотвращает протекание гармоник в электрической системе?

11.15 Что заставляет нить петь?

11.16 Что подразумевается под временем нарастания диммера? Что меняет время нарастания в диммере?

11.17 Если передний затемнитель фазового управления выключается на 35° , под каким фазовым углом он должен снова включаться и выключаться, чтобы избежать создания смещения постоянного тока?

11.18 Какова основная частота, частота второй гармоники и частота третьей гармоники пилообразной волны 120 Гц?

11.19 Чтобы лучше понять, как можно добавить сигналы синусоидальной формы для создания другой формы волны, выполните следующие действия с помощью компьютера с электронной таблицей Excel. Первый шаг-создать три синусоиды, одну с основной частотой, другую с частотой третьей гармоники (три раза основной частоты), и один с частотой пятой гармоники (в пять раз больше основной частоты). Затем мы добавим их и наметим результаты.

a. Откройте новый файл в Microsoft Excel.

b. Введите число "0" в ячейке A1.

c. Щелкните и перетащите маркер заливки в нижнем правом углу ячейки A1 вниз к ячейке A361.

d. На панели инструментов нажмите "правка", затем "заливка", затем "серия".

e. Заполните эти значения в окне-ряды в Столбцах; шаг значение 1; Стоп значение 360; введите линейный. Он должен заполнить значения от 0 до 360 в ячейках A1 через A361. Этот столбец представляет фазовый угол.

f. В ячейку B1 введите следующую формулу, без кавычек и точки в конце: " $=\text{COS}(\text{радианы}(A1))$."

g. Щелкните и перетащите маркер заполнения в нижнем правом углу ячейки B1 до ячейки B361. Он должен заполнить значение Косинуса для фазового угла влево в каждой ячейке. Теперь вы создали косинусный ряд с 361 точкой отсчета от 0° до 360° .

h. В ячейку C1 введите следующую формулу, без кавычек или период в конце: " $=0,5 * \text{COS}(\text{радианы}(3 * A1))$."

i. Щелкните и перетащите маркер заливки в нижнем правом углу ячейки C1 вниз к ячейке C361. Он должен заполнить значение Косинуса для трехкратной частоты и половины амплитуды синусоиды в столбце слева. Это косинусный ряд для третьего гармонического ряда.

j. В ячейку D1, введите формулу без кавычек и точки в конце: " $=0,25 * \text{COS}(\text{радианы}(5 * A1))$."

k. Щелкните и перетащите маркер заполнения в нижнем правом углу ячейки D1 до ячейки D361. Он должен заполнить значение Косинуса для пятикратной частоты и одной четвертой косинусного ряда в столбце B. Это косинусная волна для пятого гармонического ряда.

l. Теперь, когда мы создали фундаментальный, третий гармонический ряд и

пятый гармонический ряд, мы суммируем их в столбце E. в ячейке E1 введите следующую формулу без кавычек или периода в конце: $=B1+C1+D1.$

м. Щелкните и перетащите маркер заливки в нижнем правом углу ячейки E1 вниз к ячейке E361. Он должен заполнить значение для суммы трех косинусных волн в каждой ячейке.

п. Теперь выделите столбец e, щелкнув заголовок столбца.

о. Нажмите кнопку Вставить на панели инструментов, затем диаграмма. Excel должен открыть новое окно. Теперь нажмите на тип диаграммы: Линия, затем Готово. Excel должен открыть новое окно с диаграммой, как показано на рисунке 11.16. Темно-синяя линия является основной, пурпурная линия является третьей гармоникой, желтая линия является пятой гармоникой, а голубая линия является суммой первых трех. Обратите внимание, что новый сигнал был создан путем добавления трех чистых косинусных сигналов.

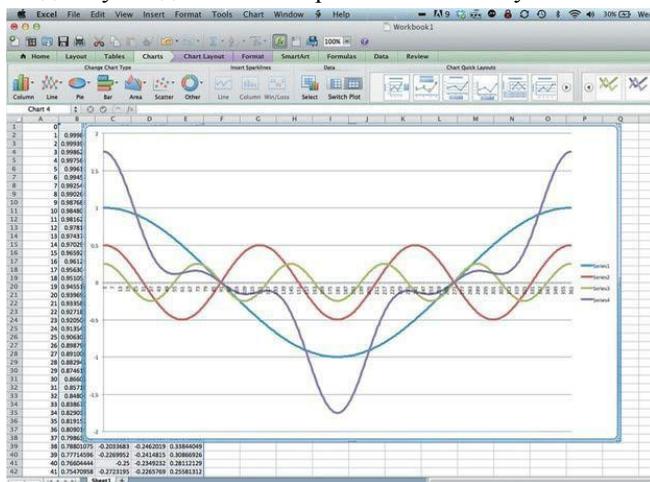


Рисунок 11.16

Сложная форма волны (фиолетовая) создается путем сложения гармоник разностных амплитуд.

11.20 Почему триплены суммируются в нейтральном проводнике, а фундаментальная и вторая гармоники-нет?

11.21 Если рабочий цикл синусоида диммер на 25%, что является уровнем освещенности? (Предположим линейную кривую затемнения.)

11.22 Как еще называется гармонический смягчающий трансформатор?

Временное и портативное распределение силы

- В то время земля для нас ничего не значила. Возможно, связаны ... где земля и нейтраль соединены у служебного входа. Но третий проводник для заземления? Зачем?"

Е. Н. В. "Chipmonck" Монк: ссылаясь на свои дни, работая в капроновом освещении в 1957 году. Chipmonck пошел дальше стать

художник по свету для Питера, Пола и Мэри, The Doors, The Byrds, оригинального Вудстока в 1968 году, The Rolling Stones и многих других, многие другие художники и события.

Современные системы распределения электроэнергии развивались на протяжении десятилетий и в настоящее время относительно безопасны, надежны и просты в использовании, при условии, что они используются с осторожностью квалифицированным персоналом, который понимает, как их правильно использовать. Показатели безопасности в отрасли относительно хорошие, хотя даже один случай - это слишком много. Поскольку электрические распределительные системы, которые мы используем, способны доставлять огромное количество тока, мы должны тщательно понимать связанные с этим опасности, компоненты, которые используются для распределения энергии, и как их собрать в соответствии с лучшими практиками, требованиями безопасности, а также местными кодексами и правилами.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ И ПОДГОТОВКА ШОУ

Проектирование системы распределения электроэнергии должным образом является первым шагом в обеспечении успешного шоу. Она начинается с расписания оборудования, которое обычно поддерживается разработчиком системы. Необходимо рассчитать общий ток и спроектировать систему распределения электроэнергии с учетом типов используемых нагрузок.

Если мощность должна быть распределена с использованием однофазной трехпроводной заземленной системы средней точки или трехфазной четырехпроводной плюс заземленной системы wye или star, то Bal-ancing

Временное и портативное распределение силы

нагрузки равномерно между фазами важно, потому что нейтральный проводник возвращает ток в источник питания. Если нагрузки линейные, то токи гасятся за счет гашения фазы и эффективный ток в нейтрали равен 0

В.

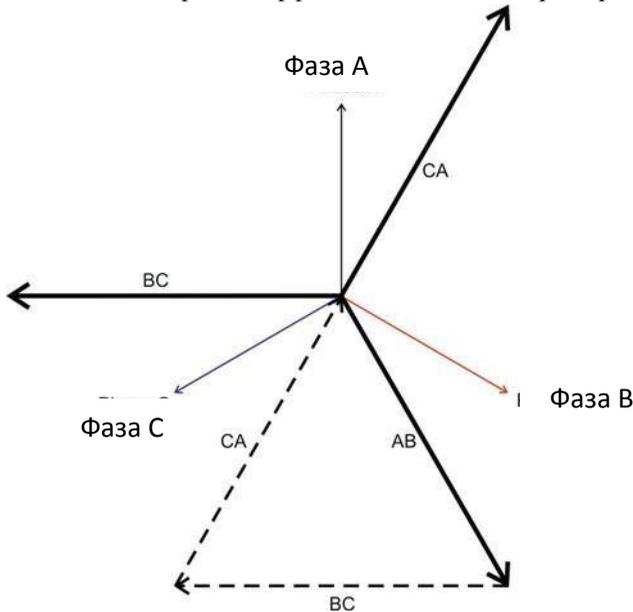


РИСУНОК 12.1

В сбалансированной трехфазной нагрузке, течения в 3 участках добавляются к нулю. В результате, ток в нейтральном проводнике. На этом рисунке легкие линии представляют собой векторы, представляющие трехфазные токи в нейтраль, тяжелые сплошные линии представляют собой векторы, представляющие трехфазные токи в фазу, а пунктирные линии показывают векторную сумму трехфазных токов, которая равна 0 А.

Линейная нагрузка - это нагрузка, которая выводит ту же форму волны, что и вход. Лампа инков-спуска пример линейной нагрузки, и затемнитель прямой фазы пример нелинейной нагрузки. Нелинейные нагрузки искажают форму волны тока, вызывая протекание тока в нейтрали трехфазной четырехпроводной плюс заземляющей системы независимо от того, насколько равномерно нагрузка распределена между фазами.

В индустрии развлечений практически невозможно идеально сбалансировать трехфазную систему, потому что нагрузка постоянно меняется от сигнала к сигналу. Тем не менее, неплохо начать со сбалансированной нагрузки, предполагая 100% интенсивность для каждого подключенного прибора. Даже тогда нелинейные нагрузки будут вызывать ток в нейтральном проводнике, и каждая система, вероятно, будет иметь нелинейные нагрузки. Поэтому важно контролировать нейтральный ток во время шоу или события. Используйте амперметр для периодической проверки тока в нейтрали или инфракрасный термометр для проверки его температуры. Не имея таких инструментов, вы всегда можете почувствовать изоляцию вокруг нейтрального проводника, чтобы оценить, насколько он горячий, но это хорошая идея использовать тыльную сторону руки вместо того, чтобы обернуть пальцы вокруг него на случай, если изоляция треснула, порезалась или иным образом сжата. Это также полезно, чтобы позволить много накладных расходов, проектируя систему С по крайней мере на 20% больше емкости, чем необходимо.

Как и большинство вещей в жизни, подготовка является ключом к успеху шоу. Подготовка или наличие надлежащей документации является ключом к успешной подготовке к выставке. Как документировать шоу выходит за рамки этой книги, но ваша документация должна включать планы освещения/аудио/видео, списки оборудования, кабель расписания и любая другая документация, необходимая для поддержки вашей ответственности на выставке. Прежде чем погрузить грузовики, необходимо вытащить и проверить механизм, чтобы убедиться, что он работает правильно. Во время тестирования каждой части устройства визуально проверьте кабель и разъем и убедитесь, что изоляция не треснула, не проколота, не разрезана или не повреждена иным образом. По всей длине кабеля питания не должно быть открытой меди. Проверьте, чтобы убедиться, что сброс напряжения не поврежден и что он делает свою работу по защите соединений. Проверьте разъем на наличие повреждений, таких как расплавленные детали, обожженные или обугленные клеммы, погнутые или отсутствующие контакты. Будьте особенно осторожны, чтобы убедиться, что заземляющий Штырь не сломан или отсутствует. Если проводник заземления оборудования отсутствует или поврежден, отремонтируйте его или выведите из эксплуатации до тех пор, пока он не будет отремонтирован. Если разъем представляет собой штырь ступени, убедитесь, что штыри не сжаты. Если они есть, используйте штифт разбрасыватель, чтобы исправить их.

ПРОДВИЖЕНИЕ ШОУ

В идеале, каждое шоу будет продвигаться задолго до дня шоу, а это означает, что все требования к шоу подтверждаются местом проведения. Одна из причин этого заключается в том, чтобы убедиться, что место проведения имеет достаточную мощность для обработки требований системы, чтобы подтвердить тип разъемов и соединений, которые будут сделаны, и убедиться, что в день шоу нет сюрпризов. Это означает, что требования к питанию должны быть хорошо известны во время осмотра объекта или заранее. Допустимая токовая нагрузка, напряжения и мест расположения источников энергии должны быть исследованы и документально подтверждены. Если необходимо обеспечить дополнительное питание, то соответствующие меры могут быть приняты заблаговременно.

ЗАГРУЗКА И ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ КОМПОНОВКА

В день загрузки дважды проверьте пригодность источника(ов) питания перед разгрузкой грузовых автомобилей. Если вы являетесь квалифицированным специалистом, проверьте целостность соединительной перемычки в источнике питания, проверив непрерывность между нейтралью и клеммами заземления (определение квалифицированного специалиста см. В NFPA 70E: Стандарт по электробезопасности на рабочем месте или см. Главу 8: Электробезопасность). Если нет непрерывности, то основная соединительная перемычка (MBJ), которая соединяет металлические части системы с электрической системой, работает неправильно. Если MBJ не подключен должным образом, если произойдет замыкание на землю и металлические части будут под напряжением, защита от перегрузки по току (предохранитель или автоматический выключатель) не сможет разомкнуть цепь и обесточить металлические части. Вы должны быть в состоянии проверить непрерывность без необходимости питания переключателя или панели.

Во время нагрузки внутри, воспользуйтесь возможностью проверить все оборудование распределения силы. Визуально проверьте кабели, разъемы и все устройства распределения питания. Перед подключением питающего кабеля к коммутатору рекомендуется подключить все нагрузки к системе распределения питания и измерить сторону нагрузки, чтобы убедиться, что нет мертвых коротких замыканий, замыканий на землю или неправильных проводных цепей. После подключения всего оборудования, но перед подключением фидера

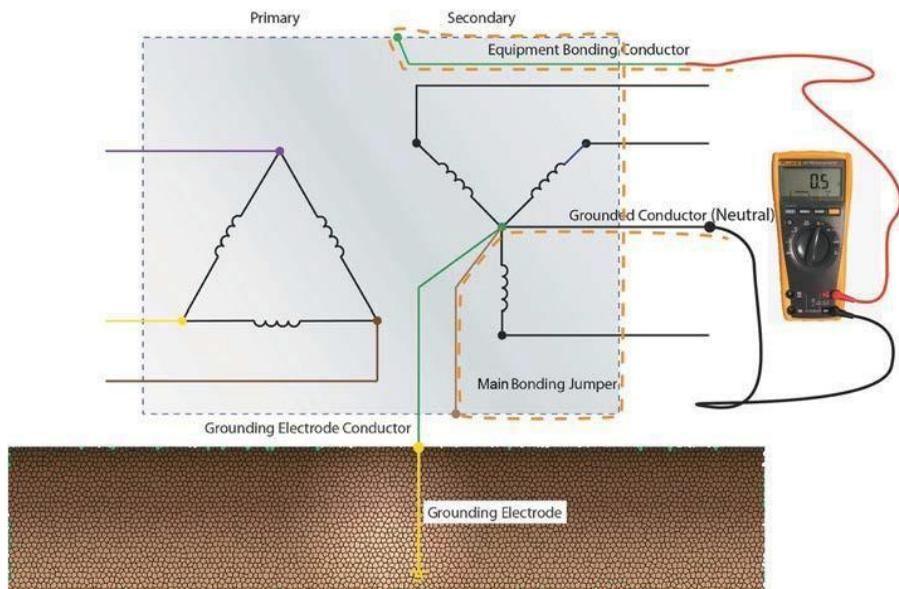


РИСУНОК 12.2

Электрическая система имеет непрерывность между нейтралью и проводником заземления/заземления, если основная соединительная перемычка правильно установлена. Оранжевая пунктирная линия на рисунке прослеживает путь между двумя проводниками через MBJ.

подключите кабель к источнику питания, включите все автоматические выключатели и измерьте питающие кабели от начала всей системы распределения электроэнергии. Если это трехфазная система, измерьте расстояние от каждого из трехфазных проводников до земли / земли. Вы не должны найти ни непрерывности, ни связи. Если есть, обязательно найдите источник проблемы и устраните его перед подключением питающего кабеля к источнику питания.

Вы также должны проверить непрерывность между нейтралью и землей/землей, и снова не должно быть непрерывности. Если есть, то ток будет течь обратно в источник питания через заземляющий / заземляющий проводник, что недопустимо. Если вы обнаружите, что существует непрерывность, отследите непрерывность, отсоединив каждую часть механизма и соединяя ее снова, кусок за куском, проверяя непрерывность каждый раз, пока проблема не будет обнаружена и исправлена. После того, как вы убедились, что нет мертвых коротких замыканий или других проблем, выключите все автоматические выключатели перед подключением питающего кабеля к источнику питания.

ПОДКЛЮЧЕНИЕ

Большинство современных производственных помещений также имеют разъединитель, часто называемый "коммутатором компании", который позволяет посещающей компании или туру безопасно подключаться к источнику питания здания. Приложение должно быть перечислено узанной лабораторией испытания, и оно должно обеспечить lockable середины выключать все полюсы одновременно так, что ваш питательный кабель можно безопасно связать внутри.



Рисунок 12.3

100 трехфазный переключатель компании с разъединением.

Переключатель должен быть обозначен с спецификациями, включая напряжение тока, течение, и число участков. Подключение должно осуществляться квалифицированным специалистом в соответствии с местными кодексами и правилами. В некоторых местах, например в Канаде, только лицензированный коммерческий электрик может подключить питающий кабель к источнику питания.

Если вы подключаете питание, очень важно соблюдать правильную последовательность подключения кабелей, если они являются одножильными

кабелями. Заземлитель оборудования должен быть сделан первым и сломанным последним, заземленный проводник (нейтраль) должен быть сделан вторым и сломанным предпоследним, а три незаземленных проводника (фазные проводники) должны быть сделаны последними и первыми. Ни при каких обстоятельствах не должны быть сделаны какие-либо соединения или сломаны под нагрузкой, потому что, если через них протекает ток, он нарисует дугу. И если он имеет большое количество тока может быть очень опасно.

Некоторые старые объекты могут не иметь удобного способа подключиться к электроэнергии здания. В этих редких случаях, когда нет средств обесточивания коммутатора, и единственный вариант-сделать живую связь, тогда она должна быть предпринята только квалифицированным лицом, использующим правильный PPD. Это опасная процедура, и ее следует применять только в крайнем случае, и она должна выполняться только высококвалифицированным персоналом, использующим надлежащий СИЗ (см. NFPA 70E-работа с токоведущими частями или вблизи них и Главу 8: электробезопасность.) Обычно это делается с помощью фидерных "хвостов" (одножильных проводов с оголенным проводом на одном конце и разъемов на другом), которые привязаны к клеммам, когда переключатель находится под напряжением. Следующее



РИСУНОК 12.4
200 трехфазный
четырехпроводной плюс земной
переключатель компании.
Обратите внимание, что продукт
указан в списке UL, а этикетки
указывают правильный порядок
подключения кабелей и что он
должен быть подключен
квалифицированным персоналом.



Рисунок 12.5

Питательный кабель заканчивается на выступе с помощью шестигранного установочного винта.

проводники нормально прекращены к волочениям используя ключ наговора (обыкновенно вызываемый шестигранным ключом). Если вы не знаете, как безопасно это сделать, обратитесь к опытному электрику, который имеет соответствующую подготовку, опыт и оборудование для этой работы.

ПЕРЕД ВКЛЮЧЕНИЕМ

После подключения питающего кабеля к источнику питания и перед включением ответвленной цепи или конечных выключателей необходимо проверить напряжение в системе распределения электроэнергии. Многие портативные системы распределения электроэнергии имеют встроенный вольт / амперметр для такой проверки. Другие имеют гнезда или порты теста которые позволяют легкому доступу измерить напряжение тока. Иногда для этой цели приходится использовать магазины вежливости. Используя категории III или лучше вольтметром (или IV категории, если он находится на открытом воздухе), измерить напряжение от фазы к нейтральному, Б нейтралью, с нейтралью, а также от фазы а в В, из В в С и из С в А. убедитесь, что напряжение в том, что перед включением цепями или окончательной схемы.

КОНТРОЛЬ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ

В реальном мире нет такой вещи, как идеальный проводник; каждый компонент в цепи или системе, включая кабель и проводку, имеет некоторое сопротивление. Он может быть маленьким, но он есть. Сопротивление в проводе, через разъемы, через соединения электронных переключателей и приборов, в обмотках мотора или трансформатора, и больше. Иногда он настолько мал и производит так мало эффекта, что его можно игнорировать, а в других случаях он имеет значительный эффект.

Питательный кабель обычно имеет относительно большое поперечное сечение и относительно низкое сопротивление. Но он также проводит большой ток, и сочетание тока и сопротивления создает падение напряжения. Если бега достаточно длинны, то даже большой питательный кабель, как 4/0 (произнесенный “4 должен”), который обыкновенно использован в Северной Америке, или 185 mm², которое обыкновенно использовано в Европе и Австралии, могут иметь достаточное сопротивление для того чтобы причинить значительное падение напряжения тока.

Напряжение падает на любое сопротивление, когда через него протекает ток. Величину падения напряжения можно рассчитать по закону Ома: $V_{drop} = I \times R$, где I -ток, протекающий через резистивную составляющую, в данном случае провода, а R -сопротивление по всей длине провода.

Например, сопротивление кабеля 4/0 составляет 0,049 ом на 1000 футов (305 метров, как указано в таблицах AWG). Для 300-футового (91- метрового) пробега общее сопротивление составляет 0,0147 ом ($0,049 \times .3$

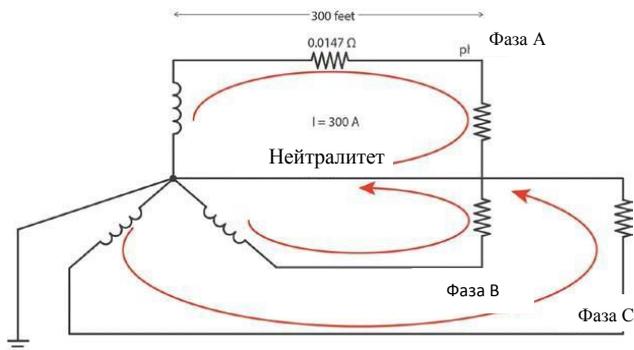


РИСУНОК 12.6

Каждый кабель и провод создает некоторое падение напряжения, даже большие фидерные кабели. Если ток 300 А, тогда 300- футовый (91- метровый) пробег кабеля 4/0 упадет около 4,4 В. Если есть ток в нейтрали из-за дисбаланса и/или гармоник, то это будет способствовать большему падению напряже

Временное и портативное распределение силы

Другим способом расчета падения напряжения является использование “удельного сопротивления” сор - рег, которое представляет собой сопротивление одного круглого мил медного провода длиной один фут (35-сантиметр) при определенной температуре. Чем выше температура, тем выше сопротивление. Один круговой мил очень мал-это площадь, равная одной тысячной дюйма, или, чтобы дать некоторую перспективу, провод #18 AWG составляет 1620 мил. Удельное сопротивление меди при 75°C (167°F) составляет 12,9, а при 32°C (90°F)

о 11.

Формула для расчета падения напряжения с использованием удельного сопротивления меди:

$$V_D = 2KI/L_{ACM}$$

где K = удельное сопротивление меди, I-ток, L-длина в футах (или в метрах, если K задано в Омах на круговой мил-метр), а ACM-площадь в круговых милях.

Эта формула предполагает равный ток возврата, таким образом, множитель 2 в формуле. Это всегда имеет место для ответвлений или конечных цепей, но не всегда в случае однофазных трехпроводных плюс заземляющих систем или трехфазных четырехпроводных плюс заземляющих систем. В этих случаях нейтральный ток может варьироваться от 0 а в сбалансированной трехфазной нагрузке с линейными нагрузками (за счет фазового гашения) до 170% от фазового тока (на основе эмпирических данных).

Например, в разветвленной цепи, если 10 а течет через 150-футовую длину Провод авг #12, после этого падение напряжения тока на 32°к:

$$V_D = 2KI/L_{ACM}$$

$$V_D = 2 \times 11 \times 10 \times 150 / 6530$$

$$V_D = 5.1 \text{ V}$$

Поэтому в этом случае, если это цепь 120 в, приложенное напряжение на нагрузке будет 114,9 В. Конечно, приложенное напряжение можно измерить только под нагрузкой, потому что, как видно из Формулы, оно зависит от тока, протекающего по проводникам. Если нагрузка выключена, то ток равен 0 а, а падение напряжения-0 В.

Есть по крайней мере две проблемы с чрезмерным падением напряжения. Одна заключается в том, что некоторое оборудование может работать

неправильно или вообще. Многие импульсные источники питания, как и в случае компьютеров, приставок, видеопроекторов, цифровых усилителей и др., имеют приемлемый диапазон входного напряжения, как правило, от около 90 В до 250 В. например, большинство электронных балластов НМІ работают в диапазоне от 200 В до 260 В. Если выходы питания 208 В и есть падение более 8 в, то он может работать неправильно.

Вторая проблема с чрезмерным падением напряжения заключается в том, что оно вызывает слишком много тепла. Падение напряжения является симптомом слишком большого тока, проходящего через проводник, или что проводник слишком мал. Это может привести к значительному ухудшению изоляции вокруг проводника, расплавлению разъемов или еще хуже.

Пример 12а

Провод авг #12 имеет характерное сопротивление 5.20864 омов в километр. Каково сопротивление бега на 100 метров?

Ответ: 5.20864 ом на 1000 метров - это то же самое, что 0.00520864 ом на метр. Поэтому, чтобы найти общее сопротивление длины провода, мы можем умножить это число на количество метров в беге.

$$\begin{aligned} 3\text{FTJTUBODF (ПИНТА)} &= 0,00520864 \text{ ПИНТА QFS NFUFS } \circ 100 \text{ NFUFST} \\ &= 0.520864 \text{ поллитра} \end{aligned}$$

РАЗРЕШАЮЩЕЕ ПАДЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ

Существует несколько различных способов устранения чрезмерного падения напряжения. Одним из способов является уменьшение длины пробега проводов, что уменьшает общее сопротивление проводки. Сопротивление провода основано на количестве меди (или независимо от проводящего материала), через который проходит ток. Если мы сократим длину пробега наполовину, сопротивление упадет наполовину.

Мы также можем уменьшить сопротивление цепи, увеличив размер провода (площадь поперечного сечения). Большой диаметр поперечного сечения обеспечивает менее ограничительный путь для протекания тока и, следовательно, уменьшает сопротивление. В американская система маркирования толщины проводов, меньшее число на самом деле означает больше провода. Например, переход от # 12 AWG к # 10 AWG увеличивает площадь поперечного сечения с 3,3 мм² примерно до 5,3 мм².

В зависимости от типа нагрузки повышение напряжения фактически усугубляет проблему. Существует два типа нагрузок: пассивные нагрузки и активные нагрузки. Пассивные нагрузки, как лампы накаливания, имеют фиксированное сопротивление и нет активной электроники, чтобы компенсировать изменения напряжения. Если напряжение, приложенное к пассивной нагрузке, падает, то будет протекать меньше тока. (Вот как работают диммеры; диммер падает эффективное среднеквадратическое напряжение, которое падает ток и мощность, приложенные к лампе.) Если приложенное напряжение поднимет, то больше течения пропустит. Если мы увеличим напряжение в цепи с пассивными нагрузками, чтобы компенсировать чрезмерное падение напряжения, тогда будет протекать больше тока, и падение напряжения увеличится (помните, $V_{drop} = I \times R$), что усугубит проблему. Примерами пассивных нагрузок являются лампы накаливания, нагревательные элементы и двигатели.

Активная нагрузка имеет активную электронику, которая гарантирует, что нагрузка получает нужное количество энергии. Если напряжение, приложенное к активной нагрузке падает, ток будет расти, так что мощность остается прежней. Если приложенное напряжение повышается, ток будет падать для компенсации. Если вы находитесь на портативной мощности генератора, вы часто будете иметь возможность повышения напряжения. Однако, форсировать напряжение тока на портативном генераторе путем регулировать AVR делает генератор побежать более трудным и более горячим, и может сократить свою жизнь.

ПИТАЮЩИЙ КАБЕЛЬ

Питательные кабели являются проводниками, которые подают весь ток от источника питания к распределительной панели(панелям). В Северной Америке, а иногда и в других местах, фидерные кабели являются одножильными проводниками, а в большинстве других мест фидеры обычно являются многожильными проводниками, если ток не превышает 125 А. В любом случае важно правильно определить их размер, используя правильный датчик или площадь поперечного сечения, изоляцию и тип разъема.

В постоянных установках, системы распределения силы типично конструированы лицензированным инженером-электриком и установлены лицензированными электриками. Во временных применениях, система типично конструирована (многообещающе очень квалифицированным и опытным) персоналом магазина и собрана на месте руками этапа или туристическим персоналом. В Соединенных Штатах Руководство по соблюдению национального электротехнического кодекса дает руководящие принципы для надлежащего строительства и эксплуатации фидерного кабеля в статье 520:Руководство по соблюдению национального электротехнического

кодекса Театры, зрительские зоны киностудий и телевизионных студий, перформансные зоны и аналогичные места. В Великобритании применимым стандартом является BS 7671: Требования к электрическим установкам, в просторечии известные как "Правила Проводки."

В Соединенных Штатах, тип фидерный кабель СК (ППК соответствующий кабель в Канаде) обыкновенно использован для временных систем распределения силы. Это" сверхтвердый кабель "(Тип" S"), который достаточно гибок, чтобы катиться до управляемого размера, но достаточно прочный, чтобы выдержать злоупотребление гастрольями. Его можно использовать внутри помещения или вне, с заволакиванием (или полимера) наружным, и он имеющийся в размерах колебаясь от AWG 6 до 250 kcmil или 250.000 круговых mils (millionths в номинальностях температуры 60°C (140°F), 75°C (167°F), 90°C (194°F), или 105°C (221°). (Хотя тип кабель SC расклассифицирован на 105°C,

Руководство по соблюдению национального электротехнического кодекса только узнает кабель до 90°C.) Термореактивный, как следует из названия, представляет собой тип полимера, который отверждается или затвердевает за счет добавления тепла, чтобы сформировать более сильный, более прочный соединение.



Рисунок 12.7

Одножильный питательный кабель типа PPC (тип SC в США), номинальная 105°C, 600 В.

Питательный кабель должен быть рассчитан в соответствии с⁷ максимальной нагрузкой, которую распределительная плата предназначена для управления в данной ситуации", что означает, что диммерная стойка, панель выключателя или переносной блок распределения питания не должны подаваться на полную номинальную мощность, если он не полностью загружен. Но фидеры должны быть защищены устройством перегрузки по току с мощностью усилителя, равной или меньшей мощности кабеля. Также необходимо, чтобы отключение устройства защиты фидера от перегрузки по току не прерывало выходное или аварийное освещение.

В Соединенных Штатах, компания Руководство по соблюдению национального электротехнического кодекса таблица 400.5(a)(2) используется, чтобы найти правильный размер кабеля для использования в зависимости от требуемого тока, или "токовая нагрузка." Он перечисляет ampacity кабелей одиночн-проводника основанных на номинальности температуры своей изоляции и температуре окружающего воздуха 30°C (86°F). Если температура воздуха- температура выше 30°C, то кабель должен быть в пропорции согласно таблице 310.15(B)(2). Существуют также различные другие факторы снижения рейтинга, такие как несколько токоведущие проводники контактируют друг с другом. Если питающие кабели проложены таким образом, что три или более токоведущих проводника находятся в контакте друг с другом, связаны, обернуты, склеены лентой или иным образом связаны друг с другом, то их мощность регулируется таблицей 310.15(B)(3)(a).

В Соединенных Штатах, если номинальность главного автомата защиты цепи в системе распределения силы над 200 amps, то заземляющий проводник должен быть определен размер согласно таблице 250.122

Руководство по соблюдению национального электротехнического кодекса. Фидер проводников должны работать вместе, но не проклеены или иначе связанный из-за взаимного нагрева. Они должны быть помечены соответствующим цветом в течение 15 сантиметров (6 дюймов) от конца кабеля (см. Приложение 2 "коды цветов").

Таблица 400.5(а)(2) токовая нагрузка кабеля типа РК, ГКП, ПКТЗ, СИЗ, г, г, ГХ, и В. [В зависимости от температуры окружающего воздуха 30°с (86°F). См. Таблицу 400.4.]

Медь Проводник Размер Американская система оценки проводов или круглых Миллов)	Номинальность температуры кабеля								
	60°С (140°F)			75°С (167°F)			90°С (194°F)		
	D1	E2	F3	D1	E2	F3	D1	E2	F3
12	—	31	26	—	37	31	—	42	35
10	—	44	37	—	44	37	—	52	43
8	60	55	48	70	65	57	80	74	65
6	80	72	63	95	88	77	105	99	87
4	105	96	84	125	115	101	140	130	114
3	120	113	99	145	135	118	165	152	133
2	140	128	112	170	152	133	190	174	152
1	165	150	131	195	178	156	220	202	177
1/0	195	173	151	230	207	181	260	234	205
2/0	225	199	174	265	238	208	300	271	237
3/0	260	230	201	310	275	241	350	313	274
4/0	300	265	232	360	317	277	405	361	316
250	340	296	259	405	354	310	455	402	352
300	375	330	289	445	395	346	505	449	393
350	420	363	318	505	435	381	570	495	433
400	455	392	343	545	469	410	616	535	468
500	515	448	392	620	537	470	700	613	536
600	575	—	—	690	—	—	780	—	—
700	630	—	—	755	—	—	855	—	—
750	655	—	—	785	—	—	885	—	—
800	680	—	—	815	—	—	920	—	—

900	730	—	—	870	—	—	985	—	—
1000	780	—	—	935	—	—	1055	—	—

1. амперности под подзаголовком D допускаются для одножильных кабелей типов SC, SCE, SCT, PPE и W только в том случае, если отдельные проводники не установлены в дорожках качения и не находятся в физическом контакте друг с другом, за исключением длин, не превышающих 600 мм (24 дюйма).) где проходить через стену приложения. 2в электрические токи в подсубпозиции е распространяется на двухпроводные кабели и другие многожильные кабели подключаются к утилизационному оборудованию таким образом, что токопроводящими являются только два проводника. 3в электрические токи в подсубпозиции Ф применяются трехпроводные кабели и другие многожильные кабели, подключенные к оборудованию использования, так что только три проводника являются токоведущими.

Рисунок 12.8

Руководство по соблюдению национального электротехнического кодекса Таблица 400.5(A)(2) показаны токовые нагрузки кабелей, в том числе типа SC, который обычно питающего кабеля.



Рисунок 12.9

Питательный кабель должен иметь цветовую маркировку в пределах 15 сантиметров (6 дюймов) от конца кабеля.

Несколько фидерных кабелей могут быть соединены вместе для более длительных пробегов, но не более трех пар разъемов могут быть использованы в первых 30 метров (100 футов). После этого, одну пару соединителя можно использовать для каждых дополнительных 30 метров. Проводники питающего кабеля могут быть

параллельными при условии, что они точно такой же длины и калибра провода.

В Европе, соответствующий размер кабеля высчитан основан на течении, нарисованном нагрузкой, и несколько поправочных коэффициентов, Котор дали в regs проводки. Поправочные коэффициенты включают падение напряжения из-за пробега кабеля, температуру окружающей среды, количество проводников, сгруппированных вместе, и номинальную температуру изоляции. Модель h07rn-F кабель обычно используется для распределения питания, потому что это погода и смазывают упорную, и она подходит для портативных приложений. Он имеет изоляцию пропилен а этилена резиновую и куртку неопрена, и он расклассифицировал 450/750 V. низкопробная amрасity (прежде чем факторы de-номинальности прикладной) дается ниже.

Независимо от того, где вы находитесь, одножильный питающий кабель всегда должен быть подключен и отключен в правильной последовательности: первый заземляющий проводник, второй заземляющий проводник (нейтраль) и фазные проводники, чтобы сделать соединение, и обратный порядок, чтобы разорвать соединение. Из-за большого тока, проходящего через типичный питающий кабель, существует большой магнитный поток в непосредственной близости от проводников. Следует позаботиться о том, чтобы не намотать лишний питающий кабель, потому что это приводит к тому, что он становится индуктором, что снижает коэффициент мощности всей системы и заставляет ее потреблять больше тока. Вместо этого лишний кабель должен быть обернут в рисунок восьмерки, чтобы магнитный поток от одной половины отменял магнитный поток от другой. Петли восьмерки должны быть как можно больше с наименьшим количеством витков, как это практично, чтобы предотвратить перегрев.

Таблица 12.1 Спецификации кабеля H07RN-F

Нет. х поперечного сечения Площадь (мм2)	Максимум. Ток в свободном Воздух (A@30° C)	Приблизительно. Напряжение Падение (в / км)
1 x 35	162	1.1
1 x 50	198	0,77
1 x 70	256	0,57
1 x 95	314	0,46
1 x 120	365	0,38
1 x 150	422	0,32
1 x 185	484	0,26

1 x 240	573	0,23
1 x 300	663	0,2
3 x 2.5	29	14
3 x 6	52	5,7
3 x 16	86	2,2
3 x 35	140	1,0
5 x 2.5	29	14
5 x 6	52	5,7
5 x 16	86	2,2
5 x 35	140	1,0
18 x 1.5	22	23



Рисунок 12.10

Избыточный питающий кабель должен быть проложен в виде восьмерки так, чтобы противоположные магнитные поля отменяли и предотвращали введение индуктивности системы.

ОДНОПОЛЮСНЫЕ СОЕДИНИТЕЛИ

Разъемы, используемые с одножильным фидерным кабелем или хвостами, как правило, фиксируют однополюсные разъемы кулачкового типа.

Они должны быть перечислены признанной испытательной лабораторией, такой как Лаборатория по технике безопасности или ETL в Соединенных Штатах или канадская Лаборатория андеррайтеров (CUL) в Канаде. В Европе они должны иметь знак CE (Европейского соответствия), что означает, что они сертифицированы производителем на соответствие применимым стандартам.



Рисунок 12.11

Однополюсные фиксирующие кулачковые разъемы используются для подключения одножильного питающего кабеля. Они должны быть перечислены с признанной испытательной лабораторией, такой как UL или ETL в Соединенных Штатах или CUL в Канаде.

Эти разъемы выпускаются под различными названиями разными производителями. Кулачок-Lok коммерческое название одно-полюсного кулачка - типа соединители замка, изготовленные Crouse-Hinds. Кулачок-тип запирающих соединители де-факто промышленный стандарт в Северной Америке для портативных однополюсных соединителей.

В Европе предпочтительны однополюсные разъемы с ключом, такие как разъемы PowerLock производства Veam (ранее Litton-Veam) и разъемы Power Link производства LK Connectors, но Cam-Lok и эквиваленты также используются, как правило, иностранцами, путешествующими по Европе. Разъемы PowerLock и Power Link имеют степень защиты IP 2X, что означает, что они защищают от контакта персонала с действующим компонентом разъема и получения удара током. Они имеют пластиковую крышку над контактами для того чтобы достигнуть этой номинальности IP. Cam - Loks не имеют такой защиты, но большинство систем распределения электроэнергии, использующих Cam-Loks, имеют пружинную защитную крышку на гнездовых разъемах для предотвращения случайного контакта с живым проводником.

Когда они соединяются, powerlock и разъемы подключения питания находятся расклассифицированный IP 67, что означает, что они защищают от внешних твердых предметов диаметром

Временное и портативное распределение силы

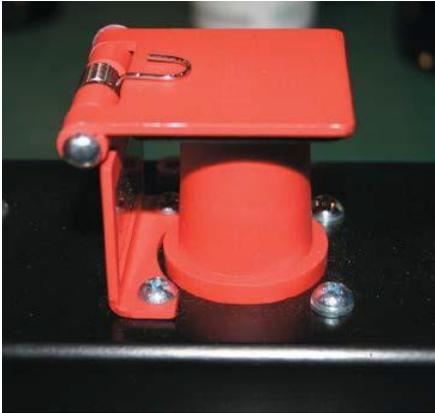


РИСУНОК 12.12

Кулачкового типа розетка с защитной крышкой для предотвращения случайного контакта с проводником.

50 миллиметров или больше, как палец или задняя часть руки, и они защищают против воды, распыленной от всех направлений (с ограниченным разрешением входа - ted). Разъемы Cam-Lok рассчитаны на NEMA 3R, что означает, что они предназначены для внутреннего или наружного использования и обеспечивают определенную степень защиты персонала от случайного контакта с живыми компонентами и от падения грязи, дождя, мокрого снега и снега, и они не повреждены внешним образованием льда.



Рисунок 12.13

Разъемы PowerLock сделанные veam и разъемы соединения

Силы сделанные разъемы LK имеют номинальность IP 2X против удара током и сопрягаемой номинальности IP условия 67.



Рисунок 12.14

Разъемы Sam-Lok для монтажа на панель. Обратите внимание на подпружиненные предохранительные крышки на выходных разъемах (сверху).

КАЛИБРОВКА НЕЙТРАЛЬНОГО ПРОВОДНИКА

Заземленный проводник, или нейтраль, является нормальным путем для обратного тока, но в зависимости от применения он иногда имеет разные размеры, чем фазные проводники в зависимости от типа подключенной нагрузки. Если в системе есть какие-либо нелинейные нагрузки—а в современных системах они почти всегда есть—то нейтральный проводник должен быть слишком большим, чтобы обрабатывать как основной ток частоты, так и гармонические токи частоты. Токи высокой—около 170% фазного тока были измерены в сбалансированных трехфазных системах с общих гармонических искажений около 77%, как показано на рис. 12.15.

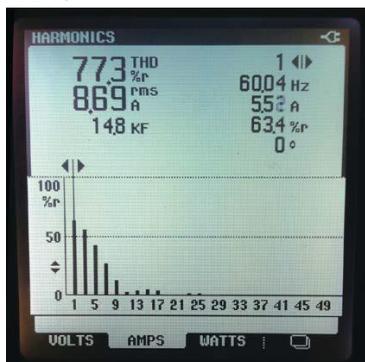


Рисунок 12.15

Этот профиль гармоник был измерен в сбалансированной трехфазной системе и вызвал около 170% фазного тока в нейтральном проводнике.



Часто содержание гармоник всей системы не известно, пока она не подключена и не включена. Таким образом, быстрее и проще удвоить нейтральный провод в портативной системе распределения электроэнергии, чем рассчитать правильный размер, необходимый на основе подключенного типа нагрузки. Но следует позаботиться о том, чтобы вся система имела нейтральную мощность для переноса нейтрального тока от источника питания к ответвлениям или конечным цепям. (Ответвительные цепи или конечные цепи не нуждаются в слишком большом нейтральном проводнике, потому что они не являются трехфазными системами с нейтралью.)

ПОРТАТИВНЫЕ СИСТЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛЫ

Гастрольные роуд-шоу должны иметь возможность быстро и безопасно подключаться к электроснабжению места проведения и распределять мощность по своей системе. Они типично имеют по крайней мере один портативный блок распределения силы который соединен фидерным кабелем к поставке здания и распределяет силу к индивидуальным ответвленным цепям или окончательным цепям поставляя каждый прибор в системе. Много из этих блоков 48 сантиметров (19 дюймов) шкаф-mountable и расквартированы в случаях полета с сверхмощный риджинусами для легкости перехода. Они типично имеют заменяемые модули для того чтобы приспособить разнообразие ситуации. Модули могут быть различными типами разъемов для входов и выходов или они могут быть индикаторами, счетчиками или другими устройствами.



Рисунок 12.16

Портативные распределители силы освещения. Один портативный блок справа показывает цифровую светодиодную фазу, напряжение и индикаторы нагрузки (верхний модуль), главный выключатель (второй модуль сверху), удобные розетки (третий сверху), два модуля с мультиконтурными выходами Socarex и основные входы

с кулачковыми замковыми разъемами (низ). Один портативный блок слева показывает 12 разъемов поворотного замка L14-30 для трехфазных четырехпроводных и заземляющих выходов. (Фото любезно предоставлено Motion Labs, Inc., www.motionlabs.com.)

Портативные распределители силы освещения, которые использованы для того, чтобы поставить силу на этапе необходимы, что кодом внутренне выровнены с безгремучертутным металлом и имеют автомат защиты цепи для главного входного сигнала и предохранения от перегрузок по току для каждой ответвленной цепи или окончательной цепи. Большинство из них имеют параллельные выходные разъемы или проходы для подключения нескольких портативных блоках в последовательном режиме. Некоторые из них имеют двойные нейтралы, чтобы лучше справиться с нелинейными нагрузками. Кроме того, некоторые портативные блоки имеют перевернутые разъемы заземления и нейтралы, а это означает, что выходные разъемы для заземления и нейтралы являются мужскими, а не материнскими. Это предотвращает возможность непреднамеренного подключения фазных проводников к заземлению оборудования или защитному проводнику цепи, или к заземленному проводнику (нейтралы).

12.17



Рисунок

Разнообразие портативные блоки распределения силы. Сверху, слева направо: PD освещения лабораторий движения, дистрибутив Tourpack Indu электрический, PD Leprecon. Снизу, слева направо: Lex Prod-Ucts Powerrack, PRG S-4000, CW Limited PD.

Распределители питания должны всегда подключаться и отключаться, когда фидер обесточен, а все выключатели находятся в выключенном положении. После того, как все кабели подключены, главный выключатель должен быть включен до включения любого из ответвлений или конечных цепей, и соответствующее напряжение должно быть подтверждено на мониторе напряжения или с помощью ручного измерителя соответствующей категории (III или выше) с использованием тестовых точек на портативных блоках. Если все фазы тестируются правильно от фазы к фазе и от фазы к Земле, то—и только тогда—должны быть включены все ответвительные или конечные автоматические выключатели. Когда шоу закончилось, все нагрузки должны быть выключены в правильной последовательности. Газоразрядная лампа

Временное и портативное распределение силы

должно быть позволено охладить на 5 минут с светильниками и вентиляторами дальше перед выключать силу. После того, как им будет предоставлено достаточно времени для охлаждения, отдельные выключатели ответвлений должны быть выключены по одному, а затем главный выключатель должен быть выключен. Если когда-либо возникнет проблема с системой распределения электроэнергии, все должно быть обесточено, и каждое звено в системе должно быть проверено и включено по одному.



РИСУНОК 12.18

Мужчина 19- контактный круглый разъем. (Фото любезно предоставлено творческой сценического освещения.)



Рисунок 12.19

Прямоугольный многоконтактный разъем Harting обычно используется в некоторых частях Европы для распределения нескольких ответвлений в одном кабеле.

ОТВЕТВЛЕНИЯ ИЛИ КОНЕЧНЫЕ ЦЕПИ

Кабель Multiconductor часто использован для того, чтобы побегать разветвленные цепи или окончательные цепи от портативного шкафа распределения силы или шкафа затемнителя к Соединенным приборам. Многожильный или многожильный кабель с 19- контактными кольцевыми или прямоугольными разъемами часто используется для питания шести ответвлений. 19-контактный разъем Socarex, который первоначально пришел из французской аэрокосмической компании под названием Amphenol, или эквивалент обычно используется для подключения этих многожильных кабелей. Кабель, как правило, 14-проводник или 18-проводник, в зависимости от того, соединены ли заземляющие проводники или работают индивидуально. Каждая из этих ветвей должна иметь защиту от перегрузки по току для отдельной цепи.

В 1997 году Институт театральных технологий США (USITT) опубликовал рекомендуемую практику под названием RP-1: Назначение контактных функций для Многоконтурных кольцевых контактных разъемов, используемых для распределения нескольких цепей освещения. Его цель состояла в том, чтобы помочь стандартизировать назначение контактов для 19-контактных и 37-контактных разъемов в индустрии развлечений (37 - контактные разъемы использовались для управления освещением 0-10 В и 12-цепных мультикабелей, но они менее распространены сегодня из-за распространенности цифрового управления).

Многоконтактные разъемы доступны в виде паяных или обжимных контактов для линейного (для монтажа на кабеле) или для монтажа на панели. Соединения Штыря организованы в 2 кольца: внутреннее кольцо и наружное кольцо (плюс разбивочный штырь, который не использован и поэтому не соединен). Штыри в наружном кольце использованы для незаземленного участка и заземленных нейтральных проводников. Они расположены смежными парами (незаземленный проводник, заземленный проводник) и пронумерованы по часовой стрелке в гнездовом разьеме и против часовой стрелки в штекерном разьеме с точки зрения пользователя. Штифтов во внутреннем кольце, ближе к наружному кольцу штифтовую пару, используются для оборудования заземляющего проводника (см. рис. 12.20). Центральный вывод не подключен. Нечетные контакты от 1 до 11 являются незаземленными или фазными проводниками, а четные контакты от 2 до 12 являются заземленными или нейтральными проводниками.

19-контактная схема распиновки Socarex

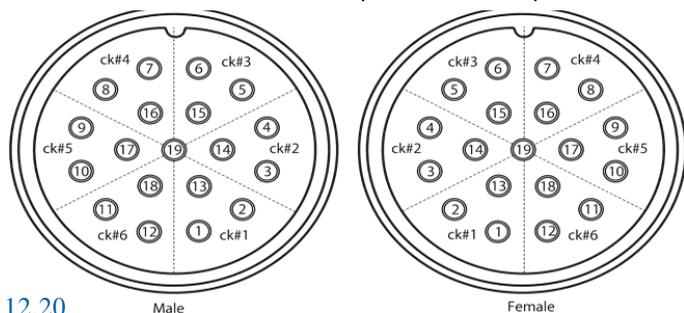


Рисунок 12.20

19-контактный разъем Socarex, как показано на рисунке, глядя на контакты и гнезда.

Все заземляющие провода оборудования (контакты 13-18) должны быть соединены друг с другом, и они должны быть сделаны первыми и сломаны последними. Это обычно достигается конструкцией соединителей, которая расширяет длину штырей во внутреннем кольце так, что они вступают в первый контакт, когда соединители сопрягаются, и последний контакт, когда они разрываються. По крайней мере один из заземляющих проводников оборудования должен быть по крайней мере того же размера, что и самый большой незаземленный проводник. Допускается использование только двух заземляющих проводников оборудования, но также допускается использование всех шести.

Временное и портативное распределение силы

Таблица 12.2 19-Контактный Кольцевой Разъем Шестиконтурный Вывод

Контакт нет.	Функция	Контакт нет.	Цоколевка
1	Схема #1 необоснованный проводник	11	Схема №6 необоснованный проводник
2	Схема #1 заземление проводник	12	Схема №6 заземленный проводник
3	Схема #2 Необоснованный проводник	13	Схема #1 заземление проводник
4	Схема #2 Заземленный проводник	14	Схема #2 заземление проводник
5	Схема #3 необоснованный проводник	15	Схема #3 заземление проводник
6	Схема #3 заземленный проводник	16	Контур № 4 заземление проводник
7	Контур № 4 необоснованный проводник	17	Контур № 5 заземление проводник
8	Контур № 4 Заземленный проводник	18	Схема №6 заземление проводник
9	Контур № 5 необоснованный проводник	19	Не связанный
10	Контур № 5 заземленный проводник		

В многожильных кабель используется для распределения электроэнергии должны быть перечислены для дополнительного жесткого использования, которое включает типы г, г-ГХ, с, ПК, ПКЭ, ПКТЗ, ГП, СЕО, СЕОО, так, СУ, СТ, сто, СТОО и СИЗ. Они доступны в разнообразии датчиках провода, типично авг #12, #14, или #16. Допустимая токовая нагрузка кабелей многожильных не более трех проводников с током приведены в таблице 12.3, а также с максимальной оценкой защитного устройства от сверхтоков (предохранитель или автоматический выключатель). В таблице 12.4 приведены коэффициенты ослабления для более чем трех токоведущих проводников в одном кабеле.

Таблица 12.3 Токовая нагрузка перечисленных сверхтвердое-использование Шнуров и кабелей с Номинальности температуры 75°C (167°F) и 90°C (194°F) * основанный на температуре окружающей среды 30°C (86°F)

СРГ устройство	Температурный режим		Максимальный номинальность перегрузок по току
	75°C	(167° F)	
14	24	28	15
12	32	35	20
10	41	47	25
8	57	65	35
6	77	87	45
4	101	114	60
2	133	152	80

*Токовые нагрузки показаны на многожильные провода и кабели, где только три медных проводников тока, как описано в 400.5. Если число токоведущих проводников в шнуре или кабеле превышает три и коэффициент разнесения нагрузки составляет не менее 50%, то амперность каждого проводника должна быть уменьшена, как показано в таблице 12.4.

Таблица 12.4 Токовая нагрузка-де-рейтинговой диаграммы для нескольких проводников в

Количество Проводников	Процентов от допустимой токовой нагрузки
4–6	80
7–24	70
25–42	60
43+	50

Точка ответвления и крестовина

Как только питание подается через многожильный кабель в окрестности нагрузки, оно должно быть разделено на отдельные цепи и подано на каждую нагрузку. Как правило, это делается с помощью прорывного узла, который представляет собой адаптер с многополюсным разъемом на одном конце и несколькими отдельными кабелями, заканчивающимися гнездовыми разъемами на другом конце.

Каждый из разъемов должен быть перечислен двухполюсными трехпроводными разъемами, а кабель должен быть перечислен младшим жестким служебным шнуром для жесткого использования. Самый длинный шнур в прорыве должен быть не длиннее 6 метров (20 футов). Кроме того, поскольку младший жесткий сервисный шнур недостаточно прочен, чтобы выдержать раздавливание вилочным погрузчиком или тяжелым дорожным вытягивателем, его не следует запускать по земле. Вместо этого он должен



РИСУНОК 12.21
19-контактный разъем
для вывода
шестиступенчатого
вывода или паука.
(Фото любезно
предоставлено Union
Connector.)

защитить структурой поддержки как ферменная конструкция или труба. Наконец, каждая ветвь цепи должна быть защищена устройством перегрузки по току номинальное не более 20 ампер.

Существует множество двухполюсных трехпроводных разъемов, используемых в промышленности по всему миру. Например, они могут быть завершены с Edison, штырем этапа, переплетать-замком, Международной электротехнической комиссии, или разъемами Seeform.

РАЗЪЕМЫ УСТРОЙСТВА

Тип разъемов, используемых для питания устройств варьируется от страны к стране, и очень часто они меняются в пределах одной страны. Например, в Соединенных Штатах вы можете найти производственные компании, использующие разъемы Edison, контактный каскад, поворотный замок или

PowerCon.

Разъемы имеют номинальное напряжение и номинальный ток. Номинальное напряжение гарантирует, что разъем будет выдерживать приложенное напряжение и не будет образовывать дугу между проводящими частями, а номинальный ток гарантирует, что он не расплавится из-за тепла, генерируемого током, при условии, что он используется должным образом.

На рубеже двадцатого века Харви Хаббелл II шел по тротуару в Нью-Йорке, когда магазины закрывались. Он наткнулся на галерею, где уборщик подметал после закрытия. Посмотрев в окно, он заметил, как дворнику пришлось отсоединить кабель питания от игры, который был подключен к источнику питания в стене, чтобы переместить его и подмести под ним. В то время не было никаких разъемов, и выключатели были дорогими, поэтому голые концы проводников были обернуты вокруг клеммных столбов, выступающих из стены. Каждый раз дворник, если бы он попытался развернуть провода, то получил бы удар током. Этот инцидент дал Хаббелл идея построить соединитель, который будет спариваться с розетки в стене. В Январе 2, 1912, Хаббелл подал заявку на патент на разъемную штепсельную вилку. Два полюса двухпроводной разъем был запатентован в 1913 году. Это по существу (и по иронии судьбы) тот же разъем типа Edison, без заземляющего провода, который теперь обыкновенно использован в Северной Америке для применений домочадца и некоторых коммерчески и театральными применений.

Временное и портативное распределение силы

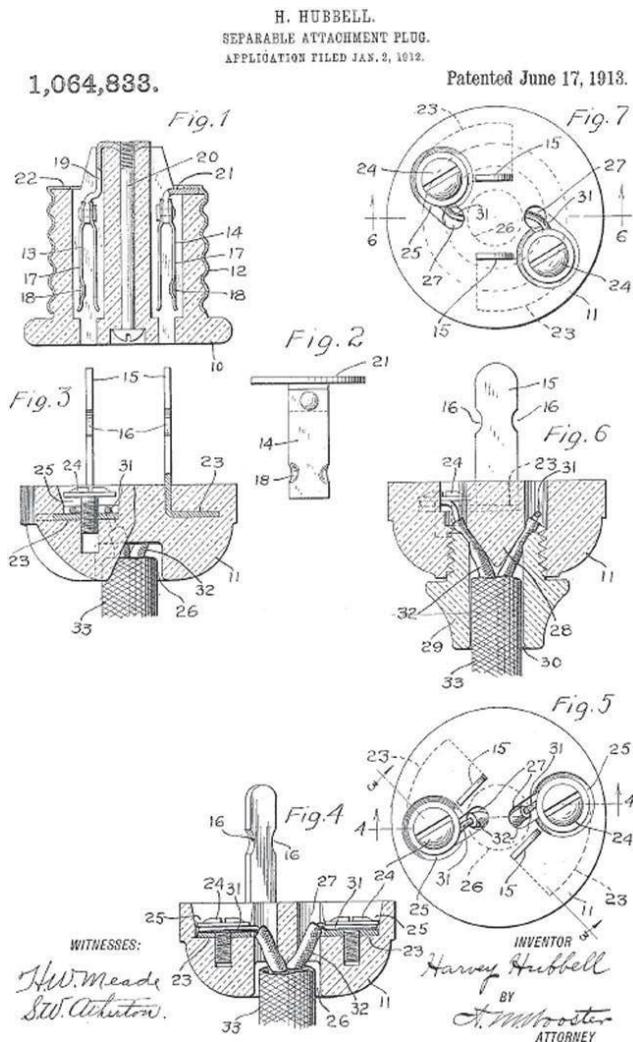


Рисунок 12.22

Патент Харви Хаббелла на разъёмную штепсельную вилку, выданный в 1913 году.

Ступенчатый штыревой соединитель

Разъем Штыря этапа вероятно наиболее обыкновенно используемый разъем прибора в североамериканских театрах. Эти разъемы доступны в версиях

120 В и / или 250 В для 15 А / 250 В или 20 А / 125 В, 30 А, 60 А и 100 А.

Рисунок 12.23
Ступенчатый
штыревой соединитель часто
используются
для питания
устройств в театре.



Одно из главных преимуществ разъема Штыря этапа что оно имеет более низкий профиль и может лежать плоско, представляющ из задействуя опасности. Штекерные разъемы имеют шплинтов, которые предназначены для увеличения давления, подаваемого на гнездо для того, чтобы сделать лучшее электрическое соединение. Распространитель Штыря можно использовать для того чтобы восстановить свойственный дистанционирование в штырях и поддержать хорошее соединение. Если штыри недостаточно распространены, то он делает плохой контакт с гнездом с более высоким сопротивлением, которое может создать образовывать дугу, нагревать, и ухудшение штырей и гнезд. В этом случае штифты и гнезда должны быть очищены наждачной бумагой или другим абразивным материалом, чтобы удалить накопление углерода, которое может увеличить контактное сопротивление и вызвать дальнейшее образование дуги, нагрев и ухудшение качества.

В 2012 году программа технических стандартов PLASA (www.plasa.org) опубликовано ANSI E1.24-2012: *Требования к технологии развлечений габаритные для соединителей Штыря этапа унифицировать дистанционирование Штыря, используемое в этих соединителях так, что соединители, сделанные различными изготовителями, будут совместимы.* Иллюстрация на рис. 12.24 взята из E1.24-2012 Приложение А-Диаграмма Разъема.

Соединительные устройства NEMA

В Северной Америке электрические разъемы мощностью до 60 ампер и 600 вольт производятся в соответствии с ANSI/NEMA WD 6-2012. Из многих различных классификаций NEMA только некоторые обычно используются в нашей отрасли. Среди них NEMA 5-15 (также известный как вилка Эдисона), NEMA 5-20, NEMA L5-15, NEMA L5-20 и NEMA L6-20.

Первое число в классификации NEMA-это код, который указывает номинальное напряжение и конфигурацию проводки, а второе число указывает

номинальный ток в амперах. Буква Р, добавленная к классификации, означает, что это вилка, а буква R указывает, что это сосуд. Например, NEMA 5-XP - это

125-вольт, двухполюсная трехпроводная вилка (третий провод-заземляющий провод оборудования). Типа NEMA 5-15р, широко известный как разъем Эдисон, является двухполюсной трехпроводной штекер номинальное на 125 вольт и 15 ампер. Раньше было, что это было против кода Руководство по соблюдению национального электротехнического кодекса, чтобы использовать разъем 5-15P с 20-амперной розеткой T-slot или 5-20R, что фактически запрещало использование штекеров Edison в театре. Это правило было изменено. В Канаде, однако, 5-20R не будет принимать 5-15 штекер, потому что T-образные гнезда, которые позволяют использовать 5-15P или 5-20P не используются.

NEMA 6-X рассчитан на максимум 250 В и представляет собой двухполюсное трехпроводное устройство. Наиболее распространенными разъемами NEMA в индустрии театра и живого события являются L5 - 15, L5-20, L6-16 и L6-20. Префикс L означает, что это фиксирующий разъем, обычно известный как разъем twist-lock. Эти разъемы имеют изогнутые лезвия и замок путем вводить лезвия в штепсельную розетку и переплести.

		5 Amp		20 Amp		30 Amp		60 Amp		75 Amp		100 Amp	
		Receptacle	Plug	Receptacle	Plug	Receptacle	Plug	Receptacle	Plug	Receptacle	Plug	Receptacle	Plug
2-Pole, 2-Wire	125 V	1	-	-	-	-	-	(Reserved for Future Configurations)				-	-
	250 V	2	-	-	-	-	-	(Reserved for Future Configurations)				-	-
2-Pole, 3-Wire Grounding	125 - 250 V	5	(Reserved for Future Configurations)							(Reserved for Future Configurations)			
	250 V (Not Neutral Grounded)	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
3-Pole, 3-Wire	125 - 250 V	10	-	-	-	-	-	(Reserved for Future Configurations)				-	-
	3ØΔ 250 V	11	-	-	-	-	-	(Reserved for Future Configurations)				-	-
3-Pole, 4-Wire Grounding	125 - 250 V	14	-	-	-	-	-	(Reserved for Future Configurations)				-	-
	3ØΔ 250 V	15	-	-	-	-	-	(Reserved for Future Configurations)				-	-
4-Pole, 5-Wire Grounding	3ØV 120 / 208 V	18	-	-	-	-	-	(Reserved for Future Configurations)				-	-
	3ØV 120 / 208 V	21	-	-	-	-	-	(Reserved for Future Configurations)				-	-

Pin Connector Chart Notes (Normative):

1) Dimensions in chart are approximate - refer to standard for actual dimensions.

2) Pin diameters:

20A ... 1/4"

30A ... 5/16"

60A ... 3/8"

100A ... 7/16"

3) Contact functions: W or N ... grounded (neutral) conductor G ... grounding conductor

4) Type 5 connectors are dual-voltage rated for use only on grounded-neutral systems at either 125V in North America or 250V in other areas of the world. Type 5 connectors shall be used only in line to grounded neutral applications in both their 125 and 250 volt ratings.

5) Type 6 connectors shall not be used on grounded neutral systems.

Рисунок
12.24
Конфигураций
контактный
разъем для
разъема этапе.
(Воспроизведен
о с разрешения
из ANSI E1.24-
2012.)



РИСУНОК 12.25
NEMA 5-15R 125V 15A двухполюсный
трехпроводной разъем, также известный как
штекер Эдисона.



Рисунок 12.26
Разъем закрутк-замка
NEMA L6-20 250V 20A.

Конфигурации некоторых наиболее распространенных проводных устройств NEMA, используемых в индустрии производства живых событий, показаны на рисунке 12.27. Буква W указывает на расположение полюса, используемого для заземленного нейтрального проводника, который белее по цвету, чем другие полюса. Буква G обозначает оборудование земля / земля. Существует более 100 конфигураций NEMA, но те, которые показаны на рисунке 12.27, являются одними из наиболее распространенных, встречающихся в театре и живых событиях.

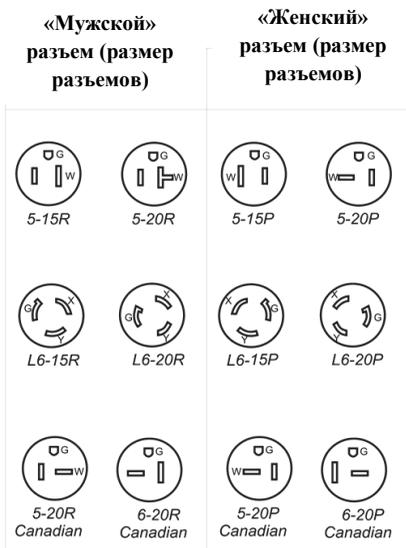


Рисунок 12.27
Общие конфигурации проводного
устройства NEMA в индустрии
производства живых событий.

Лаборатория по вопросам страхования или гарантированного размещения указана или признана?

Лаборатория по вопросам страхования или гарантированного размещения является одной из нескольких национально признанных испытательных лабораторий, перечисленных Управлением по безопасности и гигиене труда Министерства труда США. Изготовители могут послать полный продукт к Лаборатории по вопросам страхования или гарантированного размещения и оплатить для того чтобы иметь его испытать и оценить против узанной безопасности стандарты. Если продукт найден разумно свободным риска пожара, удара током, и родственных опасностей, то и он изготовлен под программой обслуживания следования Лаборатория по вопросам страхования или гарантированного размещения, тогда это Лаборатория по вопросам страхования или гарантированного размещения в списке. Такие продукт С другой стороны, признанный UL продукт является показателем того, что компонент был протестирован и оценен для удовлетворения критериев ограниченного конкретного использования. Такой компонент предназначен для использования в продукты, которые должны быть представлены для тестирования и оценки в качестве полного продукта, чтобы получить список UL. Списки

UL можно найти на веб-сайте UL по адресу
www.ul.com.

Powercon

PowerCon - это фирменное наименование разъема питания производства Neutrik. Это запирающий трехпроводный разъем, который иногда используется для соединений ответвлений. Оно не имеет никаких, Котор подвергли действию проводные части, и манипулированные входной сигнал и выход предотвращают возможность соединять неправильные кабели. Вход и выходы также имеют цветовую маркировку для удобства идентификации. Разъемы используют ЛВСГР компоненты, знача что они были испытаны и были оценены для лимитированной, специфической пользы. Разъемы PowerCon также сертифицированы Общество немецких электриков (немецкая испытательная лаборатория)



Рисунок 12.28

Метка UL на продукте - это представление изготовителя о том, что весь продукт был протестирован и оценен UL в соответствии с признанными стандартами безопасности и что он разумно свободен от риска пожара, поражения электрическим током и связанных с ним опасностей.



Рисунок 12.29
Разъемы Neutrik 32 а, трехфазная трехпроводная вилка (слева) и розетка.

15-Амперные Вилки

В Великобритании, Duraplug 15 amp обыкновенно использован в театре для затемненных нагрузок. Он соответствует к BS546, которое устарелый стандарт, хотя своя польза все еще позволена под регулировками проводки. Разъем стал популярным потому что это был единственный разъем прибора без встроенного взрывателя, который ненужен в театре из-за предохранения от перегрузок по току в затемнителях. Отсутствие предохранителя также облегчает устранение неполадок. Вилка 15А представляет собой двухполюсный трехпроводный разъем 250 В.231



Рисунок 12.30

Duraplug 15А обыкновенно использован в театре в Великобритании, даже если он изготовлен к устарелому стандарту BS546.

Соединительные устройства СЕЕ-формы

Разъем СЕЕ 17 обыкновенно использован в Великобритании и других частях Европы для трудной силы или поп-затемненной силы в зрелищности и продукции случая в реальном масштабе времени. Вы найдете их в театрах и нанимаете компании для различных применений, включая автоматизированное освещение.

СЕЕ-форма разъемов в целом соответствуют Международной Электротехнической комиссии 60309 Европы одобрил электроустановочных приборов. Этот стандарт определяет сверхмощные штепсельные вилки и штепсельные розетки штыря и втулки. Они взрывозащищенны, химически устойчивы, и расклассифицированный IP 44 (также доступный в IP 67). Они имеют цветовую маркировку в соответствии с

их оценкой напряжения: желтый-100/130 в синий 200/250 V, и красный для 380/415 V.

Устройства ЦВЕ 17 доступны в разнообразных рейтингах, в том числе 16 ампер, 32 ампера, и 63 ампера. 16-амперное устройство, пожалуй, самое популярное в нашей отрасли.



Рисунок 12.31

Разъем СЕЕ 17 на 16 А очень популярен в Европе и Великобритании для жесткой или нерегулируемой мощности.

Соединительные устройства Международной электротехнической комиссии

Международной электротехнической комиссии 60320 - это стандарт, который включает в себя ряд разъемов и розеток, в том числе разъем C13 и разъем C14, в просторечии известный как разъемы Международной электротехнической комиссии. В Северной Америке, они обыкновенно использованы для настольных компьютеров, консолей освещения, и других приборов. В Европе, они иногда использованы для трудной силы или поп-затемненных нагрузок, включая люминеры.



Рисунок 12.32

Штепсельные розетки Международной электротехнической комиссии C13 и штепсельные вилки C14 обычно называются просто разъемами Международной электротехнической комиссии. Они использованы в Северной Америке для того чтобы привести пульты в действие освещения, настольные компьютеры, и приборы. В Европе они использованы для разнообразия применений, включая приводить некоторые люминеры в действие.

Разъемы Штепсельные соединители стандарта СЕЕ 7/4

Разъем СЕЕ 7/4 или тип F представляет собой двухполюсный трехпроводной разъем с круглыми штырями и зажимами заземления сбоку разъема. Обычно его называют разъемом Штепсельные соединители стандарта СЕЕ 7/4. Schuko сокращенно от schukokontakt, что означает "защитный контакт" на немецком языке. Имя происходит от факта, что пара зажимов

заземления в штепсельной вилке контактирует с защитным заземлением в утопленном гнезде прежде, чем зацепятся живые и нейтральные контакты.

В других частях Европы, включая Францию, Бельгию, и Чехию, использован разъем CEE 7/5, который подобен разьему CEE 7/4 за исключением его имеет мыжской штырь защитн-земли на гнезде. Разъем CEE 7/7 может приспособить и гнезда CEE 7/4 и 7/5, и поэтому обыкновенно использован повсеместно в Европа.

Рисунок 12.33

Разъем CEE 7/7, показывающий два круглых штыря и зажим защитного заземления с отверстием для сопряжения с штырем защитного заземления в гнезде see 7/5.



Гибридные разъемы CEE 7/7 обычно используются на светильниках и диммерах во многих частях Европы. Они рассчитаны на 250 вольт и 16 ампер.

Австралийские Соединительные устройства

Разъемы, которые используются в Австралии и Новой Зеландии, соответствуют AS/NZS 3112 и используются для большинства устройств с питанием в реальном времени. Они представляют собой круглые разъемы с тремя плоскими штырями, два из которых расположены под углом 30° к центральной линии. Заземление штырь в нижней части разъем и это не под углом. Наиболее распространенные из этих разъемов рассчитан на максимум 10 А при 250 В.

Некоторые австралийские штекерные разъемы имеют гнездо, встроенное в заднюю часть разъема, что дает им возможность соединять несколько разъемов на одном гнезде. Следует соблюдать осторожность, чтобы не перегрузить цепь, если несколько разъемов используются вместе.



Рисунок 12.34

Эти австралийские кон-некторы использованы для разнообразие приборов используемых в продукции события в реальном масштабе времени.

Во всем мире используется гораздо больше типов разъемов, но рассмотренные здесь разъемы являются образцом некоторых из наиболее распространенных, используемых в Северной Америке, Европе и Австралии.

ПОНИМАНИЕ ПЕРЕДОВОЙ ПРАКТИКИ, КОДЕКСОВ И ПРАВИЛ

125.1 В приведенной ниже схеме какое напряжение вы бы прочитали, если бы поместили один вывод вольтметра в точку А и один в точку В? Что бы вы прочитали от точки В до точки С? С - D? От д до А?

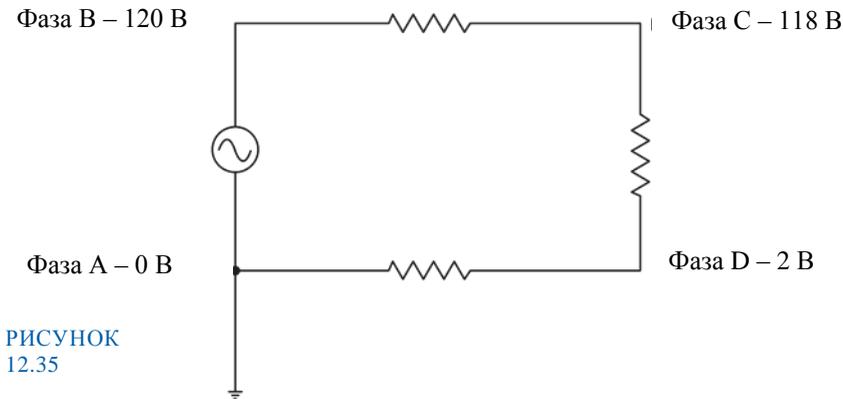


РИСУНОК
12.35

125.2 Каково падение напряжения на 100-футовом кабеле Socorex с AWG #12, если через него проходит 16 А? (Предположим, $K = 11$.)

125.3 Почему важно не сделать или не сломать соединение фидерного кабеля под нагрузкой?

125.4 Каков наиболее распространенный тип кабеля, используемого для портативного одножильного фидерного кабеля или хвостов в США? В Канаде? В Великобритании?

125.5 С точки зрения распределения власти, какова главная цель продвижения шоу?

125.6 Как можно обеспечить целостность основной соединительной перемычки в электрической системе?

125.7 Зачем подключать всю шестерню и проверять нагрузочную сторону электрической системы перед подключением ее к источнику питания? Какие типы проблем вы бы искали?

- 125.8 Почему важно сначала подключить провод заземления / заземления при подключении одножильного питающего кабеля?
- 125.9 При каких условиях вы должны сделать живую связь? Какие меры предосторожности следует принять?
- 125.10 Почему важно проверить напряжение тока перед подпитывать разветвленные цепи или окончательные цепи?
- 125.11 Сколько падения напряжения можно измерить, если устройство для питания еще не включено?
- 125.12 Если падение напряжения для кабеля 1×95 N07RN-F составляет 0,46 вольт на километр, то какое сопротивление в Омах на километр?
- 125.13 Как прокладка избыточного питающего кабеля на рисунке 8 предотвращает перегрев кабеля? Стоит ли цифра-восемь многожильных ответвлений кабеля? Почему или почему нет?
- 125.14 Как PowerLock однополюсные разъемы безопаснее, чем разъемы Cam-Lok?
- 125.15 Гарантирует ли двойной нейтральный провод защиту от перегрузки нейтрали?
- 125.16 Почему важно убедиться, что все компоненты в нейтральном тракте удвоены или увеличены, если вы используете двойные нейтральные проводники?
- 125.17 Какова цель системы двойных нейтральных проводников?
- 125.18 Сколько цепей в многоядерном кабеле, который заканчивается 19-контактным разъемом Socarex? Сколько у него токоведущих проводников? Каков коэффициент ослабления этого кабеля в соответствии с таблицей 12.4?
- 125.19 См. рис. 12.8. Что такое токовая нагрузка 4/0 кабель, если есть три токоведущих провода в контакт друг с другом?
- 125.20 Что может случиться с разъемом Штыря этапа если штыри получают обжатыми?
- 125.21 Что номинальность напряжения тока и течения разъема L6-20?
- 125.22 Сколько пар соединителей можно использовать в первых 30 метрах (100 футах) одножильного фидерного кабеля в Соединенных Штатах?
- 125.23 Какая защита обеспечивается с помощью разъема нема 3R?
(См. Приложение 3: Рейтинги IP и рейтинги NEMA.)
- 125.24 Какой степени защиты, обеспечиваемые оболочками расклассифицированный IP 65? (См. Приложение 3: Рейтинги IP и рейтинги NEMA.)

Временное и портативное распределение силы

125.25 Тут нейтральный рассчитывать проводник как проводник с током в симметричной трехфазной системе с передним этап- контроль диммеры? Почему или почему нет?

125.26 Почему система распределения электроэнергии должна оставаться включенной в течение пяти минут после того, как все разрядные лампы были выключены в конце шоу

Приложение 1 (Очень) короткая история портативного распределения силы

287

Системы распределения электроэнергии в индустрии производства живых событий эволюционировали на протяжении многих лет путем проб и ошибок, все время сильно заимствуя из других отраслей, таких как компьютер, производство и аэрокосмическая промышленность. Театр был оригинальным живым производством события, и это было ранним последователем электрического света и электрических технологий. Большой Белый путь, участок Бродвея между 42-й и 53-й улицами, был так прозван из-за дуговых ламп Чарльза Ф. кисти, которые были установлены в 1880 году.

Телевидение и киноиндустрия были следующими в нашей отрасли, чтобы продвинуть технологический конверт. Они были пионерами портативного освещения, сцепления и оборудования для распределения мощности, и они даже помогли разработать моторизованное освещение (Сесил Б. Демилл в Величайшем шоу на Земле в 1952 году использовал освещение века FeatherLite Fresnels с моторизованным панорамированием и наклоном, и аналогичные устройства были установлены в студии NBC 8h в Рокфеллер - центре в конце 1950-х или начале 1960-х годов).

Когда концертные гастролы вошли в моду в конце 1960 - х и начале 1970-х годов, концертная и гастрольная индустрия взяли на себя роль первопроходцев новой технологии, не обязательно по желанию, но по необходимости. Когда большой рок-концерт отправился в путь, техники обнаружили, что они должны изобрести технологию и системы, которые позволят им решать стоящие перед ними задачи.

РОК-Н-РОЛЛ РОУД-ШОУ

До появления промышленных и стандартизированных систем каждый, кто хотел показать свое шоу на дороге, должен был создавать свои собственные системы с нуля. Е. Н. В. "Chirmonck" Монк был одним из дизайнеров освещения, которые помогли разработать первые методы и методы для гастролей больших систем. У него было театральное образование, и в конце концов он зажег Боба Дилана на Ньюпортском Народном фестивале, The Doors, The Byrds, Crosby, Stills, Nash и многих, многих других артистов. Он сыграл важную роль в создании сцен и систем освещения в первом Вудстоке в 1968 году, и он был дизайнером освещения/директором во многих ранних турах, включая Rolling Stones.

Когда Монк начал гастролить в 1963 году, он сказал, что они обычно

(Очень) короткая история портативного элетроснабжения

использовали одножильный асбестовый изолированный провод АА, тот же провод, который использовался для сцены осветительные приборы того времени (теперь мы знаем, что асбест может вызвать заболевания легких и рак). Поскольку в то время не было коммерческих производителей освещения сцены, проектирующих и строящих продукты, построенные для портативного использования, все распределение энергии должно было быть выполнено на заказ из компонентов, которые были доступны в то время. Чтобы сделать ситуацию еще более сложной, мощность, доступная в зданиях в то время, варьировалась по размеру и конфигурации. В Париже в 1966 году, когда Монк гастролировал скамерными музыкантами, они столкнулись с четырехфазной шестипроводной системой.



Рисунок А1.1 чип- Монк (в центре) объясняет Рою Лэмбу (справа) что ему все еще нужно связать пять отдельных проводников вместе. Они строят пользовательские кабельные сборки с помощью АА #провода 12awg однопроводникового о кабеля, гр. 1970.

Из-за разницы в напряжения тока в Европе, они гастролировали с 3 из их собственных трансформаторов типа GE 10 kVA

2:1 понижающих сухих. Сварочные соединители и сварочный кабель Твесо обычно использовались для питательного кабеля и разъемов в то время, потому что не было специализированного кабеля и разъемов для приложений roq - table. Двухпроводные системы распределения электроэнергии (без заземления оборудования) также были нормой. Боб видит, кто основал кинокомпанию под названием фактор промышленности, Инк. в 1970 работал в районе Нью-Йорка в 1960-х и 1970-х годах. Согласно см.,

Норман Леонард, который был электриком дома в Мэдисон-Сквер-Гарден, был ответственен за введение проводников заземления системы в туристическую индустрию. В силу того, что он был лицензированным

электриком и имел лицензию на строительство, он имел право разрешать или запрещать показы. И он настоял, чтобы любое шоу, приходящее в сад, было должным образом обосновано.

"Норман Леонард в одиночку изменил отрасль", - сказал Си. - Когда пришел цирк, пришлось все переделывать. Он потребовал, чтобы каждый кусок кабеля был трехпроводным. Различные туры прошли, и они были прибиты. И внезапно индустрия поняла, что, если вы собираетесь играть в Гар - Ден, вам лучше быть "защищенным от сада». -Он не пустил бы оборудование в здание, если бы оно не было трехпроводным. Заземление стало главной проблемой Лиги. Он поднимался и заставлял вас уронить ферму, ставил на нее счетчик и смотрел, нет ли у вас тока, идущего по ферме. Если он увидит какое-нибудь течение на земле, он заставит вас разорвать всю систему на части и выяснить, что происходит. И если вы только что пришли с концерта на улице, вся проволока была влажной. И тогда это был асбест, так что через него можно было пропускать ток. Сегодня благодаря ему мы в большей безопасности."

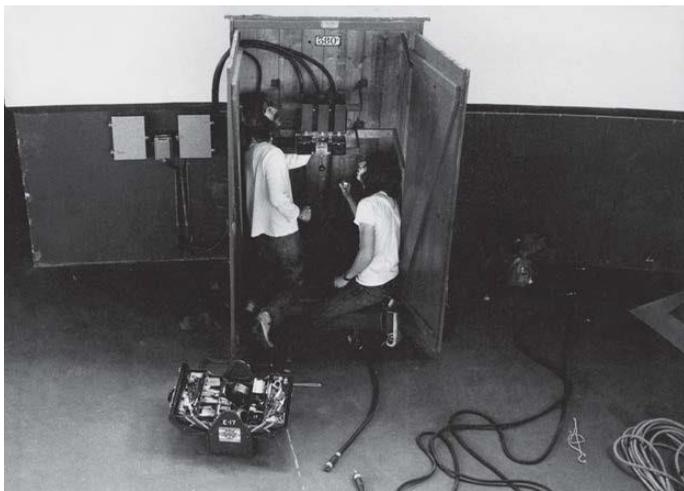


Рисунок А1. Чип 2 - Монк (слева) и Дэвид Нoffsингер обслуживание 380 В в деревянном корпусе в Швеции во время остановки на STP tour С Rolling Stones. 1970. Не кладите питательный кабель на пол; это сварочный кабель с соединителями Tweco.

К тому времени, когда Монк начал гастролировать с The Rolling Stones в 1969 году, "власть больше не была проблемой", - сказал он. Но системы распределения электроэнергии были далеки от того уровня сложности, которого они достигли сегодня.

СВАРОЧНЫЙ КАБЕЛЬ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЖИВЫХ

СОБЫТИЙ

Еще в 1984 году, когда Олимпиада пришла в Лос-Анджелес, Руководство по соблюдению национального электротехнического кодекса признала только кабель типа S или типа SO для одножильных фидеров, и он был введен в код только в этом году. По иронии судьбы, в то время не было такой вещи, как одножильный тип S или тип so, потому что производители этого не делали. Большинство дома продукции использовали кабель заварки с одиночной заваркой полюса или кулачок-типом разъемами. Но он не подходил для такого использования, потому что это был 90-вольтовый, прерывистый кабель. Производители, заинтересованные в захвате части развлекательного рынка, начали делать 600-вольтовый сварочный кабель, и большинство производственных домов на западном побережье купили и использовали его.

Но той весной инспектор округа Лос-Анджелес пометил красным цветом временное здание, используемое для прямой трансляции Олимпийских игр, потому что оно питалось от сварочного кабеля и заканчивалось разъемами в стиле кулачков в здании. Вскоре после этого городские власти получили письмо с просьбой разрешить использовать кабель определенной марки, рассчитанный на 600 вольт. До этого времени город Лос-Анджелес никогда официально не рассматривал вопрос о приемлемых типах фидерных кабелей: он никогда не поднимался, поэтому они просто игнорировали его. Но письмо с просьбой разрешить использовать именно этот вид питающего кабеля вынудило город принять меры.

Они решили разрешить использовать его только во время Олимпиады, но не после. Они совершенно запретили пользу кабеля заварки, очень к огорчение всех производственных компаний с этим конкретным типом кабеля, которые должны были бы уничтожить его. Без веса Руководство по соблюдению национального электротехнического кодекса за использованием нового питающего кабеля 600 вольт не было другого выбора. Но проблема заключалась в том, что Руководство по соблюдению национального электротехнического кодекса не записывала новый кабель в код, если он не был указан ЛВСГР для этой конкретной цели. В 1987, тип W и тип G был добавлен в токовая нагрузка таблица для питательного кабеля (таблица 400.5(B)), но в таблице не список электрические токи для одиночных проводников, только двух - и трехпроводные кабели. Кроме того, эти кабели были рассчитаны на 2000 вольт, они были с двойной рубашкой, и они были очень тяжелыми. Никто не хотел ими пользоваться.

С течением времени, тип W и тип кабелей были использованы в качестве основы, чтобы получить один-проводник фидера в токовая нагрузка таблица. Как только это препятствие было устранено, оператор кабеля убедил ЛВСГР перечислить свой кабель, хотя и не как конкретный тип кабеля, но с пометкой "Для использования в соответствии со статьями 520 и 530 Руководство по соблюдению национального электротехнического

кодекса.” Этот кабель имел синюю изоляцию и был гибким, как сварочный кабель. Похоже, это был успех. Но вопрос был далек от решения.

Голубая изоляция на этом кабеле была сделана термопластикового (PVC), не ther - moset (резина), как случай для кабеля зрелищности мы в настоящее время используем. Как следует из названия, thermoset устанавливается теплом, а затем он остается установленным в худших условиях. Термопластичные, с другой стороны, сохраняет свою пластичность, так как он нагревает, охлаждает и подогревает, снова и снова. Сигарета сожжет этот кабель, и горячие улицы Лос-Анджелеса расплавят его. Печально известный синий кабель, который теперь производил промышленность, должен был быть отброшен.

Но тем временем был создан прецедент. В течение следующего цикла пересмотра Руководство по соблюдению национального электротехнического кодекса с Митчем Хефтером, Кеном Ваннисом, Рэнди Дэвидсоном, Майком Ланни, Майком Скиннером, Диком Томпсоном, Марком Баузерманом, Стивом Терри и другими написал предложения о разрешении использования других одножильных кабелей, которые были перечислены и соответствуют другим необходимым требованиям. В результате был принят кабель типа SC (термореактивный или резиновый), SCT (термопластичный или ПВХ) и SCE (термопластичный эластомер). Тип SC, иногда вызываемый кабелем зрелищности, теперь наиболее обыкновенно используемый кабель для портативных применений одиночн-проводника.

Приложение 2 Цветовой код

293

Проводники в системе распределения электроэнергии имеют цветовую маркировку в соответствии со стандартом, используемым в стране, в которой СИСТЕМА построена, установлена или используется. В Соединенных Штатах единственными цветовыми кодами, обозначенными Руководство по соблюдению национального электротехнического кодекса, являются белый для нейтрального и зеленого, зеленый с желтыми полосами или оголенный медный провод для заземляющего провода. Для фазовых проводников нет определенных цветов, но стандартная практика заключается в том, что фаза А должна быть черной, фаза В - красной, а фаза С - синей. Единственным исключением является то, что высоковольтный проводник четырехпроводной Дельта-соединенной системы 120/240 оранжевого цвета. Индустрия производства развлечений довольно жесткая на практике, и большинство трехфазных четырехпроводных плюс заземляющих систем следуют неписаному стандарту черного, красного, синего, белого и зеленого для фазы А, фазы В, фазы С, нейтрали и заземляющего провода соответственно.

Большинство других стран следуют стандарту, который определяет цвет для каждого проводника фазы, нейтрали и заземляющего провода или защитного заземления. Но коды осложняются тем, что они были изменены в Европе и Австралии в последние несколько лет, и до сих пор существует много установок, использующих прежние стандарты. Краткий обзор цветовых кодов и стандартной практики в отдельных странах показан на рисунке ниже:

						
	Australia	Canada	China	Europe since 2007; UK since 2004	Europe before 2007	United States
Phase A	Red	Red	Yellow	Brown	Brown or Black	Black
Phase B	White	Black	Green	Black	Brown or Black	Red
Phase C	Blue	Blue	Red	Grey	Brown or Black	Blue
Neutral	Black	White	Light Blue	Blue	Blue	White
Grounding Wire or Protective Earth	Green/Yellow Striped	Green or Bare Copper	Green/Yellow Striped	Green/Yellow Striped	Green/Yellow Striped	Green, Green/Yellow Striped, or Bare Copper

Рисунок А2.1

Цветовые коды электропроводки для нескольких стран. Единственными цветовыми кодами, утвержденными Руководство по соблюдению национального электротехнического кодекса в Соединенных Штатах, являются цвета нейтрали и заземляющего провода. Другие цвета являются стандартной практикой, но не требуются Руководство по соблюдению национального электротехнического кодекса.

Приложение 3 Степени защиты IP и NEMA оценок приложение

295

Международный стандарт электротехнической комиссии для оценки корпуса для его защиты от попадания посторонних предметов и влаги является системой оценки IP. В Соединенных Штатах Национальная ассоциация производителей электрооборудования (NEMA) имеет аналогичную рейтинговую систему для рейтинговых корпусов, называемую NEMA rating. Обе системы классифицируют приложения согласно насколько хорошо они защищают против элементов и жестковатых окружающих сред.

IP-КОД

Международный код защиты, или IP-код, представляет собой двузначный код с дополнительными суффиксами для дополнительной информации о рейтинге. Ему всегда предшествуют кодовые буквы IP, что означает международную защиту или защиту от проникновения.

Двузначные цифровые индикаторы кодируются следующим образом. Первое число после буквенного кода обозначает степень защиты от проникновения твердых

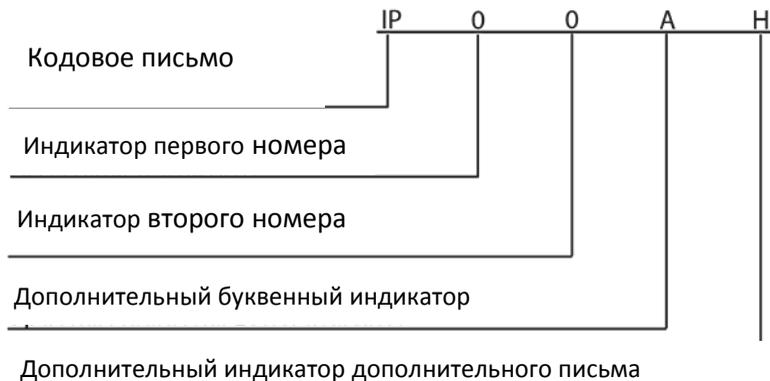


Рисунок А3.1

Степени защиты IP и NEMA оценок приложение 3

такие объекты, как пыль, грязь, птичьи перья, пальцы и руки. Он может колебаться от 0 до 6, и он показывает диаметр самого малого объекта, который может попасть в корпус:

- 0: Не защищенный
- 1: ≥ 50 мм в диаметре
- 2: ≥ 12.5 мм в диаметре
- 3: ≥ 2.5 мм в диаметре
- 4: ≥ 1.0 мм в диаметре
- 5: Защита от пыли
- 6: Пыленепроницаемый

Второе число указывает на степень защиты от попадания воды или влаги. Оно может колебаться от 0 до 8, и самая высокая оценка 8. Числа интерпретируются следующим образом:

- 0: Не защищенный
- 1: Защита от вертикально капающей воды
- 2: Защита от капающей воды под углом до 15° от вертикали
- 3: Защита от брызг воды под углом до 60° от вертикали
- 4: Защита от брызг воды со всех направлений
- 5: Защита от струи воды низкого давления со всех сторон
- 6: Защита от мощной струи воды со всех направлений
- 7: Защита от временного погружения в воду глубиной менее 1 метра
- 8: Защита от непрерывного погружения в воду на заданную глубину

Первая необязательная буква указывает степень защиты персонала и инструментов. Он колеблется от A до D, и буквы интерпретируются следующим образом:

- Один: Защита от контакта с тыльной стороной руки
- В: Защита от контакта с пальцами
- С: Защита от контакта с инструментом, таким как отвертка
- D: Защита от контакта с проводом

В дополнительном факультативном письме указывается степень защиты, характерная для четырех пунктов, как указано ниже:

- Ч: Защита от высоковольтных аппаратов
- М: Корпус находился в движении во время испытаний на воде: Приложение было неподвижно во время испытания воды
- W: Защита от непогоды

Например, если приспособление имеет номинальность IP 65, то оно пыленепроницаемое и расклассифицированное для предохранения против выпуска струю воды. Этот рейтинг часто используется для оборудования, предназначенного для использования на открытом воздухе. Стандарт IP также предусматривает

специфические среды приложений испытания. Пылезащитный корпус, например, испытывается с тальком, просеянным для определенных размеров с определенной плотностью порошка в камере. Больше информации о номинальностях IP можно найти в Международной электротехнической комиссии 60529. Документ можно приобрести в интернет-магазине Международной электротехнической комиссии по адресу www.iec.ch.

IP Ratings

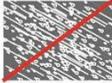
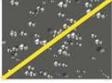
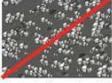
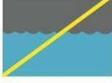
First Numeral		Second Numeral	
1	 protects from access to a hazardous component with the back of a hand no smaller than 50 mm	1	 protects against vertically falling water
2	 protects from access to a hazardous component with finger no smaller than 12 mm	2	 protects against water falling up to 15 degrees off axis
3	 protects from access to a hazardous component with tool no smaller than 2.5 mm	3	 protects against water sprayed up to 60 degrees off axis
4	 protects from access to a hazardous component with tool no smaller than 1 mm	4	 protects against water splashing from any direction
5	 Allows some dust as long as it does not interfere with operation of equipment.	5	 protects against water jets from any direction
6	 Completely dust-tight.	6	 protects against powerful water jets from any direction
		7	 protects against temporary immersion in water
		8	 protects against continuous immersion in water

Рисунок А3.2

Номинальности IP design-ated с двухразрядным кодом и опциональным суффиксом описывая степень предохранения приложения от элементов или жестковатой окружающей среды. Первая цифра описывает степень защиты от твердых предметов, а вторая описывает степень защиты от попадания воды.

РЕЙТИНГИ NEMA

Рейтинги NEMA описывают применение типов корпусов и степень защиты от окружающей среды. Существуют оценки NEMA для опасных мест, включающих коррозионные химикаты, горючие вещества и газ, пары и пыль, а также оценки NEMA для неопасных мест. Поскольку мы обычно избегаем опасных мест для производства живых событий, мы обсудим только рейтинги для неопасных мест, которые включают типы NEMA с 1 по 6.

- Тип 1 шкафы для использования в помещении и обеспечивать защиту персонала от доступа к опасным частям и от попадания грязи.

- Тип 2 корпуса для использования в помещении и обеспечивать защиту персонала от доступа к опасным частям и от попадания грязи и капель воды, и легкий плеск воды.

- Тип 3 шкафов для крытой или напольной пользы и защиты персонала от доступа к опасным частям и от попадания грязи, пыли с ветром, дождя, мокрого снега, снега, и внешние образования льда на корпусе.

- Тип 3P шкафы для внутреннего или наружного использования и защиты персонала от доступа к опасным частям и от попадания грязи, дождя, мокрого снега, снега, и внешние образования льда на корпусе.

- Приложения типа 3S для крытой или напольной пользы и снабдут персонал против доступа к опасным частям и против входа падающей грязи, windblown пыли, дождя, sleet, снежка, и защищают внешние механизмы от быть неработоспособным грузовой с льдом.

- Тип 3x корпусов для крытой или напольной пользы и защиты персонала от доступа к опасным частям и от попадания грязи, пыли с ветром, дождя, мокрого снега, снега, а также дополнительный уровень защиты от коррозии и внешнего образования льда на корпусе.

- Тип 3RX шкафы для внутреннего или наружного использования и защиты персонала от доступа к опасным частям и от попадания грязи, дождя, мокрого снега, снега, и будет неповрежденный внешнего образования льда на корпусе, что обеспечивает дополнительный уровень защиты от коррозии, а также защиту от внешнего образования льда на корпусе.

- Тип 3SX шкафы для внутреннего или наружного использования и защиты персонала от доступа к опасным частям и от попадания грязи, пыли с ветром, дождя, мокрого снега и снега. Они также обеспечивают дополнительный уровень защиты от коррозии, а также защиты от выхода из строя внешнего механизма(механизмов) при нагрузке льдом.

- Тип 4 приложения для крытой или напольной пользы и снабдут персонал против доступа к опасным частям и против входа падающей грязи, windblown пыли, дождя, мокрого снега, брызгающей воды, шланг - сразу воды, и внешнего образования льда на приложении.

- Тип 4X приложения для крытой или напольной пользы и снабудежит предохранение персонал против доступа к опасным частям и против входа windblown пыли, дождя, sleet, снежка, брызгая воды, шланг-сразу воды, коррозии, и внешнего образования льда на приложении.

- Тип 5 корпуса для использования в помещении и обеспечивать защиту персонала от доступа к опасным частям и от попадания грязи, оседающей пыли, ворсинок, волокон, летящих частиц, капель воды, и легкий плеск воды.

- Корпуса типа 6 предназначены для внутреннего или наружного использования и обеспечивают защиту персонала от доступа к опасным частям и от попадания падающей грязи, воды по шлангу, попадания воды во время случайных временных погружений на ограниченную глубину и внешнего образования льда на корпусе.

- Тип 6р шкафы для внутреннего или наружного использования и защиты персонала от доступа к опасным частям и от попадания грязи, бытънаправленным воды, проникновения воды при длительном погружении на ограниченную глубину, коррозии и внешнего образования льда на корпусе.

- Тип 12 приложения (без нокаутов) для крытой пользы и снабудежит предохранение персонал против доступа к опасным частям и против входа падая грязи, обеспечивая циркуляцию пыли, корпии, волокон, частиц летания, какая воды, и светлый брызгать воды.

- Тип приложения 12К (с нокаутами) для крытой пользы и снабудежит предохранение персонал против доступа к опасным частям и против входа падая грязи, обеспечивая циркуляцию пыли, корпии, волокон, частиц летания, какая воды, и светлый брызгать воды.

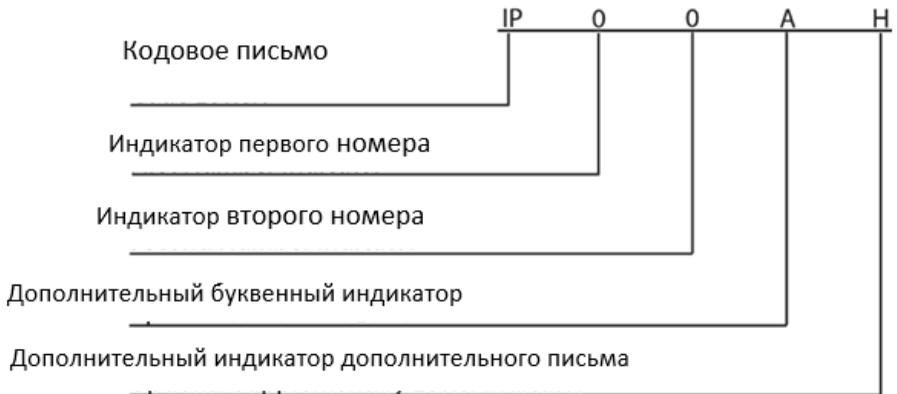
- Тип 13 приложения для крытой пользы и снабудежит предохранение персонал против доступа к опасным частям и против входа падая грязи, обеспечивая циркуляцию пыли, корпии, волокон, частиц летания, какая воды, светлый брызгать воды, и распылять, брызгать, и утечки масла и безгремучертутных хладоагентов.

Для полного описания номинальностей приложения NEMA, см. публикацию 250-2008 стандартов NEMA, " приложения для электрического оборудования (1000 Вольт Maxi - mum)." Он доступен от IHS (www.global.ihs.com).

IP ПРОТИВ NEMA

Согласно NEMA, номинальности IP нельзя преобразовать к типам приложения NEMA и наоборот. Но Таблица A3.1 может быть использован для сравнения двух. Если флажок отмечен, это означает, что тип корпуса NEMA превышает требования к обозначению IP в левой колонке. Первые семь строк рейтинга IP (от 0X до 6X) указывают на степень защиты от опасных частей и посторонних предметов, а последние девять строк (от X0 до X8) указывают на степень защиты от попадания воды.

Степени защиты IP и NEMA оценок приложение 3



Приложение 4 Полезные Формулы

301

Закон Ома: $V = I \times R$ $I = V \div R$
 $R = V \div I$

Однофазное питание переменного тока:

$P \text{ (Вт)} = V \text{ (вольт)} \times I \text{ (ампер)} \times \text{коэффициент мощности}$

Трёхфазное питание переменного тока:

$P_{3\phi} \text{ (Вт)} = V \text{ (вольт)} \times I \text{ (ампер)} \times \text{коэффициент мощности} \times 1,732$

Коэффициент мощности:

$PF = \text{Косинус (фазовый угол)}$

$PF = \text{Мощность (Вт)} \div [V \text{ (Вольт)} \times I \text{ (ампер)}]$

$PF = \text{реальная мощность (Вт)} \div \text{кажущаяся мощность (ВА)}$

Полная мощность:

Кажущаяся мощность (VA) = $V \text{ (вольт)} \times I \text{ (ампер)}$

Пиковое напряжение:

$V_{\text{peak}} = V_{\text{RMS}} \times 1.414$

Среднеквадратичное напряжение:

$V_{\text{RMS}} = V_{\text{peak}} \times 0.7071$

Индуктивное сопротивление:

$X_L \text{ (ом)} = 2\pi fL$

где X_L -индуктивное сопротивление π - pi (3.14)

f -частота в герцах

L -индуктивность в Генри

Емкостное сопротивление:

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC}$$

где X_c -емкостное реактивное сопротивление
 f - частота

C -емкость в фарадах

Последовательное сопротивление:

$$R_{total} = R_1 + R_2 + \dots + R_{n-1} + R_n$$

где N = общее количество резисторов

Параллельное сопротивление:

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_{n-1}} + \frac{1}{R_n}$$

где R общий-общее сопротивление

Сопротивление резистора R_1 первого резистора, R_2 является второй резистор, R_{n-1} является второй резистор, и R_n -последний резистор

Частота и частота вращения генератора:

Скорость вращения (об / мин) \times число полюсов = $120 \times$ частота (Гц)

Падение напряжения:

$$\text{Падение напряжения} = 2 \times L \times R \times I,$$

где L = длина провода в одном направлении в футах или метрах R = сопротивление провода в Омах / единица длины (футах или метрах) I = ток в амперах

На заметку: Сопротивление провода обычно дается в ом на 1000 футов или 1000 метров (километров). В этом случае разделите расстояние пробега на 1000, чтобы найти сопротивление длины провода. Например, если сопротивление задано как 0,049 ом на 1000 футов и расстояние составляет 300 футов, то общее сопротивление пробега составляет 0,0147 ($0,049 \times 300 \div 1000$).

Падение напряжения:

$$V_D = \frac{2KIL}{\# \times A_{CM}}$$

где K = удельное сопротивление меди [12,9 при 75°C (167°F); 11 при 32°C (90° F)]

I = ток в амперах

L = длина кабеля в футах

= количество проводников на фазу

АСМ = площадь поперечного сечения кабеля в круговых милях

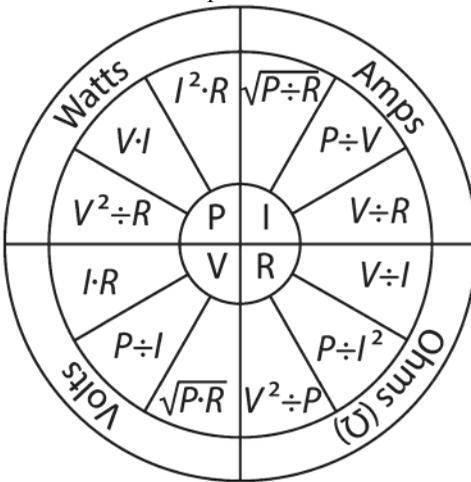


Рисунок А4.1

Приложение 5
Коэффициенты
пересчёта

305

1 дюйм = 0,0254 метра = 2.54 см = 25.4 мм

1 сантиметр = 0.3937 дюйма = 10 мм = 0,01 миллиметр

1 миллиметр = 0,1 сантиметра = 0,001 метра = 0,03937 дюйма

1 километр = 3280,84 фута = 0,62137 мили = 1093,67 ярдов

1 метр = 1000 миллиметров = 100 сантиметров = 39,37 дюйма
= 3,28084 фута = 1,09361 ярда

1 миля = 1609,34 метра = 1,60934 километра = 5280 футов = 1760 ярдов

1 ярд = 914,4 миллиметра = 91,44 сантиметра = 36 дюймов = 0,9144 метра = 3 фута

температура в °C = (температура в °F – 32) ÷ 1,8

Температура в °F = (температура в °C × 1.8) +

32 лошадиных сил = ватты ÷ 745.7 ×

эффективность

1 б.т.е. = 0,29307107 ватт-час

1 Вт = 3.412 б.т.е./час

Приложение 6
**Факторы
 превращения
 энергии**

307

	джоули	ватт-час	киловатт-час	мегаватт-час	Б.т.е.
1 джоуль	=1 джоуль	= 2.78×10^{-4}	= 2.78×10^{-7}	= 2.78×10^{-10}	= 9.478×10^{-4}
		ватт-час	киловатт- час	мегаватт-час	Б.т.е.
1 ватт- час	= 3600 джоули	= 1 ватт- час	= 0.001 киловатт- час	= 10^{-6} мегаватт-час	= 3.413 Б.т.е.
1 киловатт- час	= 3.6×10^6 джоули	= 1000 ватт- час	= 1 киловатт- час	= 0.001 мегаватт-час	= 3413 б.т.е.
1 мегаватт- час	= 3.6×10^9 джоули	= 10^6 ватт- час	= 1000 киловатт- час	= 1 мегаватт- час	= 3.413×10^6 Б.т.е.
1 б.т.е.	= 1055.06 джоули	= 0.293 ватт-час	= $2,93 \times 10^{-4}$ киловатт- час	= 2.93×10^{-7} мегаватт-час	= 1 б.т.е.
			час		

Приложение 7
**Научная,
 Экспоненциальная
 Инженерные записи**

309

Приставки СИ	Научная Нотация	Экспоненциальное представление чисел	Инженерная запись	Десятичный эквивалент
Пико	10^{-12}	E-12	10^{-12}	0.000,000,000,001
Нано	10^{-9}	E-9	10^{-9}	0.000,000,001
Микро	10^{-6}	E-6	10^{-6}	0.000,001
Милли	10^{-3}	E-3	10^{-3}	0,001
Сантиметры	10^{-2}	E-2	Нет <u>данных</u>	0,01
Деци	10^{-1}	E-1	Нет <u>данных</u>	0,1
—	10^0	E+0	Нет <u>данных</u>	1
Дека	10^1	E+1	Нет <u>данных</u>	10
Гекто	10^2	E+2	Нет <u>данных</u>	100
Килограмм	10^3	E+3	10^3	1000
Мега	10^6	E+6	10	1,000,000
Гига	10^9	E+9	10^9	1,000,000,000
Тера	10^{12}	E+12	10^{12}	1,000

Значение напряжения или тока в синусоидальной сети переменного тока постоянно меняется, но мы используем одно число для его описания. Это число является "СЗ" или среднеквадратичным значением напряжения. Когда мы указываем напряжение или ток, мы обычно не включаем термин «СЗ», но это подразумевается.

«СЗ» - это формула, которая вычисляет эквивалентное значение постоянного тока переменного напряжения или синусоиды тока. Чтобы вычислить это, мгновенное напряжение или ток сначала возводится в квадрат, затем эти квадраты усредняются за один период переменного тока, и, наконец, берется квадратный корень из этого числа.

В качестве объяснения давайте возьмем несколько значений синусоиды и найдем ее среднеквадратичное значение напряжения. В этом случае мы будем использовать 12 точек выборки через равные промежутки времени: 0°, 30°, 60°, 90°, 120°, 150°, 180°, 210°, 240°, 270°, 300°, и 330°.

Мы возьмем синус в этих точках и вставим эти значения в уравнение, для определения среднеквадратичного значения напряжения (СЗ), как показано ниже:

$$V_{RMS} = V_{RMS} = \sqrt{\left[\frac{0^2 + .5^2 + .866^2 + 1^2 + .866^2 + .5^2 + 0^2 + (-.5^2) + (-.866^2) + (-1^2) + (-.866^2) + (-.5^2)}{12} \right]}$$

$$V_{RMS} = 0.707$$

Это означает, что среднеквадратичное значение синусоида составляет 70,7% от пикового значения.

$$V_{RMS} = 0.707 \times V_{peak} \quad \text{или}$$

$$V_{peak} = V_{RMS} \div 0.707$$

Среднеквадратическое значение не совпадает со средним значением. Среднее значение синусоида за один период переменного тока равно 0. Даже если мы берем среднее значение полностью выпрямленной синусоиды (где отрицательный период переменного тока инвертируется, чтобы стать положительным), тогда среднее значение составляет 0,622.

ГЛАВА 1 ОТВЕТЫ

- 1.1 Электричество - это передача энергии посредством движения электронов, несущих заряд.
- 1.2 Электрон.
- 1.3 Проводник тока с самым высоким сопротивлением станет горячее.
- 1.4 Проводник тока станет холоднее, если вы укоротите его длину.
- 1.5 Проводник тока с большим диаметром поперечного сечения имеет меньшее электрическое сопротивление.
- 1.6 Целью изоляции вокруг проводника тока является предотвращение поражения электрическим током и предотвращение замыканий на землю и других проводников тока.
- 1.7 Если сопротивление проводника тока слишком велико или ток, протекающий через проводник тока, слишком высок, то изоляция начнет разрушаться. Если он становится достаточно горячим, он может растопить изоляцию.
- 1.8 Когда электрон отрывается от орбиты атома, он становится ионизированным.
- 1.9 Полярность ионизированного атома положительна.
- 1.10 Некоторые материалы являются лучшими проводниками тока, чем другие материалы из-за их атомной структуры.
- 1.11 Молния - это электричество, проходящее через воздух. Проводящей средой является воздух. Когда напряжение достаточно высокое, как и при молнии, воздух может ионизироваться и проводить электричество.
- 1.12 Чтобы ток протекал, должен быть проводящий путь от источника питания через цепь и обратно к источнику питания. Другими словами, должна быть замкнутая цепь.
- 1.13 Изоляторы предотвращают протекание тока там, где мы этого не хотим.
- 1.14 Вероятное последствие работы системы распределения электроэнергии на полную мощность состоит в том, что она будет производить слишком много

тепла, что приведет к разрушению или повреждению таких компонентов, как разъемы и изоляция.

1.15 Примеры изоляционных материалов включают стекло, кварц, резину, пластмассу, воздух, силиконовую резину и т.д.

1.16 Вольфрам более проводящий, чем железо.

1.17 Инверсия удельного сопротивления - проводимость.

1.18 Текущее соглашение было установлено до того, как стало известно, что оно было создано потоком отрицательных зарядов.

1.19 Обычный ток протекает от положительной клеммы батареи через цепь, затем к отрицательной клемме батареи.

1.20 Резиновые перчатки помогают предотвратить поражение электрическим током, изолируя руки от токонесущего проводника.

ГЛАВА 2 ОТВЕТЫ

2.1 Электрическая розетка, к которой ничего не подключено, является разомкнутой (неполной) цепью.

2.2 Когда вы подключаете устройство к электрической розетке, ток протекает через один проводник тока, через устройство и обратно к источнику.

2.3 Если цепь имела настолько малое сопротивление, что фактически не имела никакого сопротивления, и на нее подавалось напряжение, то протекал бы огромный объем тока, который мог бы повредить цепь.

2.4 Ложный. Ток берет каждый доступный путь, но он делится пропорционально количеству сопротивления на каждом пути.

2.5 На рис. 2.4, если V_T составляет 240 В, V составляет 80 В, и V - это V_2 80 В, затем V_3 80 В. (Если $V = V_1 - V_2 - V_3 = 0$ В, то $240 \text{ В} - 80 \text{ В} - 80 \text{ В} - V = 0$, поэтому $V = 80 \text{ В}$.)

2.6 Если четыре ACL подключены последовательно по схеме 120 В, то 30 В падает на каждую из четырех ламп ($120 \text{ В} - V - V - V - V = 0 \text{ В}$, and $V = V = V = V$, so $120 \text{ В} - 4X = 0 \text{ В}$ и $X = 30 \text{ В}$)

2.7 Если один из электропроводов создает падение 2,5 В, а другой создает падение 2,5 В, то 235 В будет подано на устройство в цепи 240 В (если $24 \text{ В} - 2,5 \text{ В} - 2,5 \text{ В} - V = 0 \text{ В}$, то $V = 235 \text{ В}$).

2.8 В 24-вольтовой цепи, если лампа потребляет 6,25 А, то эффективное сопротивление лампы составляет 3.7 Ом ($R = V \div I$, или $R = 24 \div 6.25 = 3.7 \text{ Ом}$).

2.9 В 12-вольтовой цепи с предохранителем на 3 А цепи требуется не менее 4 Ом, чтобы предохранитель не перегорел. ($R = V/I$, или $R = 12/3 = 12 \div 3 = 4 \text{ Ом}$.)

2.10 Если через резистор 150 Ом протекает ток 1 А, падение напряжения на

резисторе составляет 150 Вольт. ($V = I \times R$; $V = 1 \times 150 = 150 \text{ В}$.)

2.11 Если напряжение составляет 9 В, а ток равен 0,1 А, то эффективное сопротивление вентилятора составляет 90 Ом ($R = V/I$, или $R = 9/0.1 = 9 \div 0.1 = 90 \text{ Ом}$).

2.12 Напряжение составляет 24 вольт, а сопротивление - 150 Ом, ток - 0,16 А ($I = V/R$, или $I = 24/150 = 24 \div 150 = 0.16 \text{ А}$).

2.13 Если ток равен 5 А, а напряжение равно 9 В, сопротивление равно 1,8 Ом ($R = V/I$, или $R = 9/5 = 9 \div 5 = 1.8 \text{ }\Omega$).

2.14 Если напряжение составляет 24 В, а ток составляет 0,12 А, тогда сопротивление составляет 200 Ом ($R = V/I$, или $R = 24/0.12 = 24 \div 0.12 = 200 \text{ Ом}$). Следовательно, два резистора по 100 Ом, соединенные последовательно, составляют 200 Ом.

2.15 Если нагрузка составляет 6 А, когда к ней подключена 12-вольтовая батарея, тогда сопротивление составляет 2 Ом. Если напряжение увеличивается до 24 В, а сопротивление составляет 2 Ом, то ток будет 12 А.

2.16 Если напряжение составляет 12 В, а ток 0,5 А, тогда сопротивление составляет 24 Ом.

2.17 Если ток составляет 10 мА, а сопротивление - 10 Ом, тогда напряжение составляет 100 мВ ($V = I \times R$; $V = 0,01 \times 10 = 0,1 \text{ В} = 100 \text{ мВ}$).

2.18 Если напряжение составляет 12 В, а ток - 10 А, то мощность составляет 120 Вт.

2.19 Если мощность 150 Вт, а напряжение 12 В, ток будет 12,5 А.

2.20 Если лампа рассчитана на 250 Вт при 24 В, ток будет 10,4 А.

2.21 Сопротивление лампы накаливания изменяется в зависимости от температуры нити накала, которая зависит от тока, протекающего через нее. При номинальной мощности (60 Вт) и напряжении (12 В) сопротивление нити накала составляет 2,4 Ом ($R = V^2 \div P$; $R = 144 \div 60 = 2.4 \text{ Ом}$).

2.22 Если резистор потребляет 100 Вт при 12 вольт, то это резистор

1,4 Ом. Если он подключен к 9-вольтовому источнику питания, то потребляемая мощность составит 57,9 Вт ($P = V^2 \div R$; $P = 81 \div 1.4 = 57.9 \text{ W}$).

2.23 0,04 А протекает через резистор 120 Ом в 5-вольтовой цепи.

2.24 Если 12-вольтная батарея вызывает ток 0,1 А, то сопротивление составляет 120 Ом.

2.25 10 А

2.26 100 А

2.27 1000 А

2.28 10,000 А

2.29 100,000

А

2.30 1,000,000 А

2.31 10,000,000 А

2.32 100,000,000 А

ГЛАВА 3 ОТВЕТЫ

3.1 Электродвижущая сила (ЭДС) также известна как напряжение.

3.2 Измеритель IV категории следует использовать для измерения напряжения на портативном генераторе, поскольку он внешний.

3.3 Чтобы ток протекал, должно быть напряжение и замкнутая цепь.

3.4 Сопротивление - это противодействие свободному течению тока.

3.5 Мощность - это скорость, с которой выполняется работа.

3.6 Если вдвое больше силы приложить к половине расстояния, объем выполненной работы будет таким же.

3.7 Мощность - это напряжение, умноженное на ток, поэтому половина напряжения и удвоенный ток - это одно и то же количество энергии.

Например, цепь на 240 В с напряжением 10 А имеет ту же мощность, что и 120 В и 20 А ($240 \times 10 = 120 \times 20$).

3.8 Это правда, что электричество является формой энергии.

3.9 Энергия-это сила, умноженная на время.

3.10 Согласно закону сохранения энергии, энергия не может быть ни создана, ни уничтожена.

- 3.11 Никакой ток не может протекать в цепи без напряжения ($I = V/R$).
- 3.12 В Международной системе единиц семь базовых единиц - это метр, килограмм, секунда, усилитель, кельвин, моль и кандела.
- 3.13 Ампер является единицей измерения тока.
- 3.14 Определение вольт: разность потенциалов на 1-ваттной нагрузке с током 1 ампер.
- 3.15 Определение Ом: величина сопротивления, которое вызовет падение напряжения на 1 вольт при токе в 1 ампер.
- 3.16 Инверсией сопротивления является проводимость.
- 3.17 1000 джоулей равны 0,28 ватт-час.
- 3.18 3,412 б.т.е. является 1 киловатт в час.
- 3.19 Бесконечные усилители будут течь в цепи с сопротивлением 0 Ом, если напряжение больше 0 V.
- 3.20 Если вы взяли один вывод с вольтметра и подключили его к одной из клемм цепи 230 В, показания счетчика были бы 0 В.

ГЛАВА 4 ОТВЕТЫ

- 4.1 (а) Чистое магнитное поле равно 0, потому что два магнитных поля должны быть равными и противоположными, поэтому они отменяются. (b) Если имеется замыкание на землю, и результирующий поток тока возвращается к источнику питания через заземляющий провод или через землю, то выходной ток через проводник под напряжением больше, чем возвратный ток через второй проводник, поэтому вокруг двух проводников имеется магнитное поле.
- 4.2 Электроизмерительные клещи не будут работать на многожильном кабеле, таком как удлинитель, потому что магнитное поле от выходного тока в одном проводнике отменяется магнитным полем от обратного тока в другом проводнике.
- 4.3 Аппарат Фарадея был трансформатором. Имеет первичную и вторичную обработку трансформатора. Трансформаторы не работают с постоянным

током, потому что линии магнитного поля не пересекают проводники тока, когда ток достигает своего установившегося значения.

4.4 (а) Один цикл синусоиды имеет 360° . (б) Положительный пик наблюдается при 90° . (в) Отрицательный пик возникает при 270° .

4.5 Единственная синусоида - это (б).

4.6 Да, форма волны тока в линейной нагрузке, такой как лампа накаливания, является синусоидальной, если форма волны напряжения синусоидальной.

4.7 Если лампа накаливания подключена к диммеру, который отключает цепь в течение первого периода переменного тока, затем включает ее во время второго периода переменного тока и повторяет для отрицательного периода переменного тока, результирующий сигнал тока не является синусоидальной. Полученная форма волны будет выглядеть следующим образом:

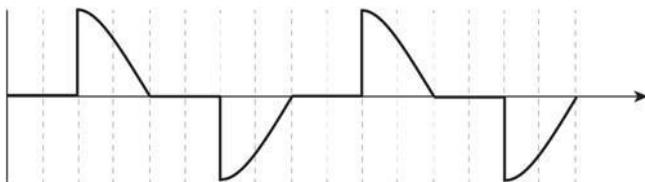


Рисунок А9.1

4.8 В отрицательном периоде переменного тока будет течь через нулевой рабочий проводник, через нагрузку и обратно к источнику питания через проводник тока под напряжением.

4.9 Если среднеквадратичное напряжение составляет 120 V , мгновенное напряжение дважды проходит через 120 V ; один раз под 45° и один раз под 135° .

4.10 Среднее значение одного цикла синусоиды составляет 0.

4.11 Нет, среднее напряжение и среднеквадратичное напряжение не совпадают.

Нет, средний ток и среднеквадратичное значение тока не совпадают.

4.12 Если лампа излучает определенное количество света и имеет определенный срок службы лампы при работе от 100 V постоянного тока, она не будет производить

Ответы на практические задачи

такое же количество света и имеют тот же срок службы лампы, если она работала со средним напряжением 100 V переменного тока, но это было бы, если бы лампа работала со среднеквадратичным значением переменного тока 100 V.

4.13 Да, если указан ток, подразумевается, что это среднеквадратичное значение. Если система потребляет 150 A, то это среднеквадратичное значение 150 A.

4.14 На рисунке 4.10 один цикл синусоиды создается для каждого вращения петли провода.

4.15 Каждый раз, когда вершина петли электропровода проходит через северный полюс магнита, в синусоиде создается положительный пик. Каждый раз, когда он проходит южный полюс, он производит отрицательный пик.

4.16 Потому что они оба - одна и та же точка на круге.

4.17 Да, однопроводный кабель имеет магнитное поле, если он проводит ток.

4.18 Аудиокабель, который проложен параллельно одножильному фидерному кабелю с протекающим током, хотя он может принимать индуктивный ток. Вы можете уменьшить количество тока, протекающего по аудиокабелю, проложив аудиокабель перпендикулярно одножильному кабелю, а не параллельно ему.

4,19 (а) Австралия - 415/240 В, 50 Гц; (б) Бразилия - 220 В или 127 В, 60 Гц; (в) Канада - 240/120 В, 60 Гц; (г) Германия - 380/220 В, 50 Гц; (д) Восточная Япония - 200/100 В, 50 Гц; (е) Великобритания - 240 В, 50 Гц; (е) Нью-Йорк - 240/120 В или 208/120 В, 60 Гц.

4.20 Если частота синусоиды составляет 50 Гц, один цикл составляет 1/50 секунды или 0,02 секунды (20 миллисекунд).

4.21 Величина погрешности при фазовом угле 100° составляет 0,98.

4.22 Мгновенное напряжение составляет 120 вольт, когда фазовый угол составляет 45° или 135° .

4.23 Если среднеквадратичное напряжение составляет 230 V, то пиковое напряжение составляет 325,3 V.

4.24 Если пиковое напряжение в Японии составляет 141,4 V, среднеквадратичное напряжение составляет 100 V.

4.25 Если пиковое напряжение в Великобритании составляет 339 V, среднеквадратичное напряжение составляет 240 V.

ГЛАВА 5 ОТВЕТЫ

5.1 Если цепь имеет два проводника (ток под напряжением и нулевой) и четыре полюсных соединения (по одному на каждом конце провода под напряжением и по одному на каждом конце нулевого рабочего проводника), общее

сопротивление цепи составляет 2,25 Ом

($0,25 \text{ Ом} + 0,625 \text{ Ом} + 0,25 \text{ Ом} + 0,25 \text{ Ом} + 0,625 \text{ Ом} + 0,25 \text{ Ом} = 2,25 \text{ Ом}$).

Следующее

Электрическая схема приведена на рисунке А9.2.

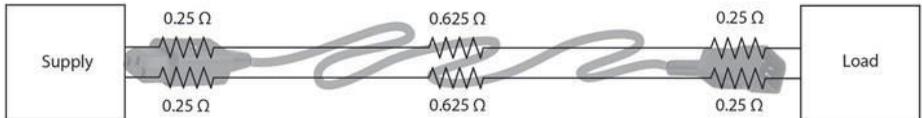


Рисунок А9.2

5.2 Если два из кабелей, описанных выше в 5.1, подключены к одному источнику питания, то цепи будут параллельными. Когда две нагрузки соединены, эквивалентное сопротивление

всей цепи составляет 1,1 Ом. Электрическая схема приведена на рисунке А9.3.



Рисунок А9.3

5.3 (а) 198,159.5 ом; (б) 55,000 ом; (с) 54,782 ом; (д) 53,571 омы.

5.4 Заменяв последовательные резисторы в параллельных резисторных сетях, мы можем заменить всю резисторную сеть следующим:

Следующим шагом является вычисление эквивалентного сопротивления двух параллельных резисторных сетей.

$$1/R = (1 \div 420\,000) + (1 \div 150\,000) + (1 \div 100\,000) + (1 \div 120\,000) = 36\,522 \text{ Ом}$$

$$1/R = (1 \div 20,000) + (1 \div 370,000) + (1 \div 220,000) + (1 \div 500,000) = 16,878 \text{ Ом}$$

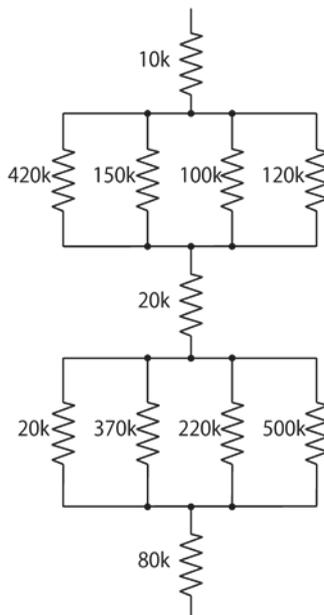


Рисунок А9.4

Наконец, замените две параллельные сети внутри всей сети резисторов следующим образом:



Рисунок А9.5

Наконец, можно добавить пять последовательных резисторов, чтобы найти результат.

$$R_{\text{общее}} = 10\text{k} + 36,5\text{k} + 20\text{k} + 16,88\text{k} + 80\text{k} = 163,38 \text{ кОм}$$

5.5 Если 20-метровая длина кабеля 4 мм² имеет характеристическое сопротивление 0,011 Ом на метр, то общее сопротивление составляет 0,22 Ом. Чтобы найти ток, который может вызвать падение на 6,6 В, используйте закон Ома.

$$V = I \times R$$

$$6.6 \text{ volts} = I \times (0.011 \times 20)$$

$$I = 6.6 \div 0.22 = 30 \text{ amps}$$

5.6 Чтобы рассчитать самую длинную длину кабеля, при которой падение напряжения составит менее 9,2 В, если ток составляет 16 А, сначала рассчитайте общее допустимое сопротивление. Затем найдите длину кабеля, который будет создавать это сопротивление.

$$V = I \times R$$

$$9.2 = 16 \times R$$

$$R = 9.2 \div 16 = 0.575 \text{ ohms}$$

Длина = $R \div 0,029$ (Ом/метр) = $0,575 \div 0,029 = 19,83$ метра

5.7 Падение напряжения - это ток, умноженный на сопротивление.

$$V = I \times R$$

$$9.2 = 16 \times R$$

$$R = 9.2 \div 16 = 0.575 \text{ ohms}$$

5.8 Есть 3,28 фута на метр или 3280 футов на 1000 метров.

5,20864 Ом на 1000 метров составляет 5,20864 Ом на 3280 футов или 0,001588 Ом на фут. Если вся цепь имеет 500 футов провода (250 футов до нагрузки и 250 футов

обратно к источнику питания), то общее сопротивление:

$$R_{\text{общее}} = 0,001588 \text{ Ом на фут} \times 500 \text{ футов} = 0,79 \text{ Ом}$$

5.9 Чтобы рассчитать максимальное падение напряжения в проводниках, если цепь нагружена до полной емкости, сначала мы нарисуем эквивалентную схему, показывающую питание от сети, сопротивление провода и нагрузку с максимальным током 20 А, как показано ниже:

Мы можем использовать закон Ома для расчета падения напряжения в этой цепи, используя сопротивление, которое мы рассчитали выше (0,79 Ом), и максимальный ток до отключения автоматического выключателя (20 ампер).

$$V = I \times R$$

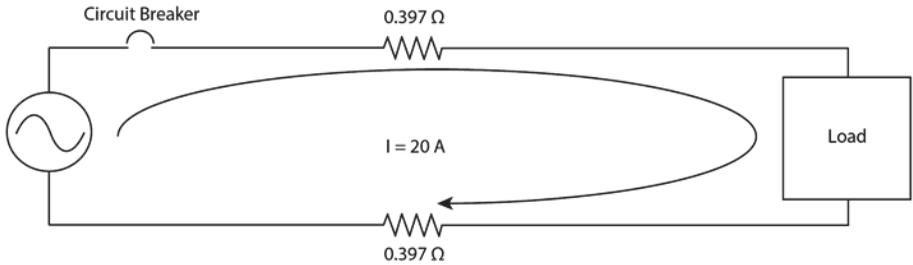


Рисунок А9.6

В этом случае $I = 20$ А и $R = 0,79$ Ом.

Следовательно,

$$V = 20 \text{ Ом} \times 0,79 \text{ Ом} = 15,9 \text{ В}$$

Если наши расчеты верны, то 500 футов провода # 12 американская система оценки проводов (АСОП), несущего 20 ампер, дадут падение на 15,9 В по всей длине провода.

5.10 Мы можем рассчитать сопротивление лампы накаливания при заданном напряжении, используя следующую формулу мощности:

$$R = V^2 \div P$$

$$R = 120^2 \div 1000$$

$$R = 14400 \div 1000$$

$$R = 14.4 \text{ Ω}$$

5.11 Используя значение сопротивления для # 12 АСОП, которое мы рассчитали в примере выше (0,001588 Ом на фут), мы можем нарисовать эквивалентную схему, как показано на рисунке А9.7:

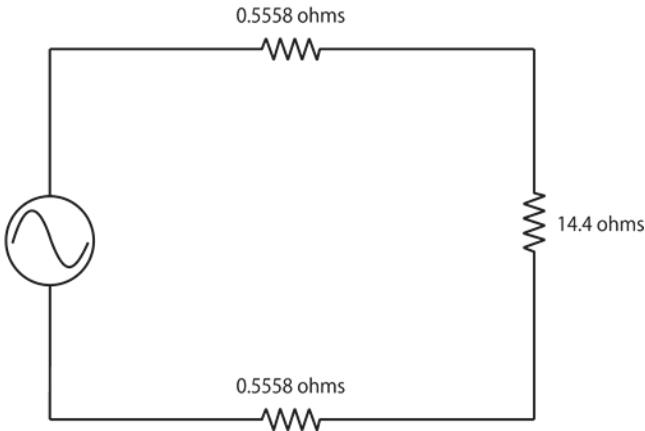


Рисунок А9.7

5.12 В 5.11 выше, если напряжение сети составляет 120 вольт, приложенное напряжение на лампе может быть рассчитано с использованием сопротивления объединенной цепи, чтобы найти ток.

$$I = V \div R$$

$$I = 120 \text{ volts} \div (0.5558 + 14.4 + 0.5558) \text{ ohms}$$

$$I = 120 \div 15.51$$

$$I = 7.736 \text{ A}$$

Теперь, когда мы знаем ток, мы можем рассчитать падение напряжения на каждом элементе цепи, используя следующую формулу напряжения:

$$V = I \times R$$

$$V_1 = 7.736 \times 0.5558 = 4.3 \text{ V}$$

$$V_2 = 7.74 \times 14.4 = 111.4 \text{ V}$$

$$V_3 = 7.74 \times 0.5558 = 4.3 \text{ V}$$

- это напряжение на лампе, которое составляет 111,4 V. Мы можем подтвердить это, сложив напряжения на каждом элементе цепи, которые должны добавить к приложенному напряжению.

$$V_{\text{total}} = V_1 + V_2 + V_3$$

$$V_{\text{total}} = 4.3 + 111.4 + 4.3 = 120 \text{ V}$$

5.13 Четыре процента от 230 вольт - это 9,2 вольт ($230 \times 0,04$), поэтому нам нужно найти длину кабеля, который будет вызывать это падение напряжения при 15 А, и убедиться, что мы не превышаем его. Мы можем использовать закон Ома, чтобы рассчитать допустимое сопротивление для всей длины участка, а затем использовать сопротивление провода, чтобы узнать, какова эта длина.

$$V = I \times R$$

$$9.2 \text{ В} = 15 \text{ А} \times R$$

$$R = 9,2 \div 15 = 0,613 \text{ Ом}$$

Если сопротивление провода составляет 0,029 Ом на метр, то длина провода с общим сопротивлением 0,613 Ом составляет:

$$\text{Расстояние (в метрах)} = 0,613 \text{ Ом} \div 0,029 \text{ Ом на метр}$$

$$\text{Расстояние} = 21,15 \text{ метра}$$

5.14 Импеданс - это сочетание сопротивления и реактивного сопротивления.

.15 Отношение магнитного потока к току называется индуктивностью.

5.16 Отношение электрического заряда к току называется емкостью.

5.17 Индуктор противодействует потоку переменного тока, потому что полярность магнитного поля, создаваемого потоком тока в положительном периоде переменного тока, прямо противоположна полярности магнитного поля, необходимой для того, чтобы ток протекал во второй половине периода переменного тока

5.18 Индуктивное сопротивление нагрузки с индуктивностью 250 мГн при частоте 60 Гц составляет:

$$X_L = 2\pi fL$$

$$X_L = 2 \times \pi \times 60 \times 0.250$$

$$X_L = 94.25 \text{ ohms}$$

5.19 Для начала нам нужно рассчитать индуктивное сопротивление:

$$X_L = 2\pi fL$$

$$X_L = 2 \times \pi \times 60 \times 0.750$$

$$X_L = 282.74 \text{ ohms}$$

Далее мы можем рассчитать ток:

$$V = I \times X_L$$

$$120 \text{ volts} = I \times 282.74 \ \Omega$$

$$I = 120 \div 282.74 = 0.42A$$

5.20 К DC, конденсатор действует как открытая цепь.

5.21 Емкостное реактивное сопротивление:

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

$$X_C = \frac{1}{2 \times \pi \times 50 \times 0.00075}$$

$$X_C = \frac{1}{.2356}$$

$$X_C = 4.24 \text{ ohms}$$

22 В индукторе напряжение опережает ток.

5.23 Комплексное число - это число, которое имеет величину и направление.

5.24 Сначала рассчитаем индуктивное сопротивление и емкостное сопротивление:

$$X_L = 2\pi fL$$

$$X_L = 2 \times \pi \times 60 \times 0.15$$

$$X_L = 56.55 \text{ ohms}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

$$X_C = \frac{1}{2 \times \pi \times 60 \times 0.00025}$$

$$X_C = \frac{1}{.0942}$$

$$X_C = 10.61 \text{ ohms}$$

Далее рассчитаем импеданс:

$$Z^2 = R^2 + (X_L - X_C)^2$$

L

$$Z^2 = 150^2 + (56.55 - 10.61)^2$$

$$Z^2 = 22.5 \times 10^3 + (45.94)^2$$

$$Z^2 = 22.5 \times 10^3 + 2110.5$$

$$\sqrt{Z} = 24610.5$$

$$Z = 156,88 \text{ Ом}$$

5.25 Чтобы вычислить фазовый угол импеданса в 5.21, сначала мы суммируем векторы индуктивного сопротивления и емкостного сопротивления, как показано на рисунке А9.8.

Реактивное сопротивление = 56,55 - 10,61 Ом = 45,94 Ом

Поскольку величина индуктивного реактивного сопротивления больше, чем величина емкостного реактивного сопротивления, сумма является более индуктивной. Далее мы суммируем векторное индуктивное сопротивление и сопротивление, как показано на рисунке А9.9:

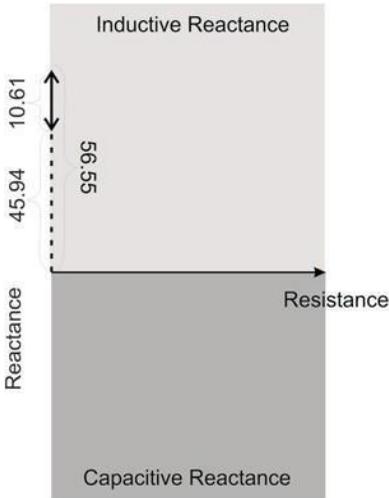


Рисунок А9.8

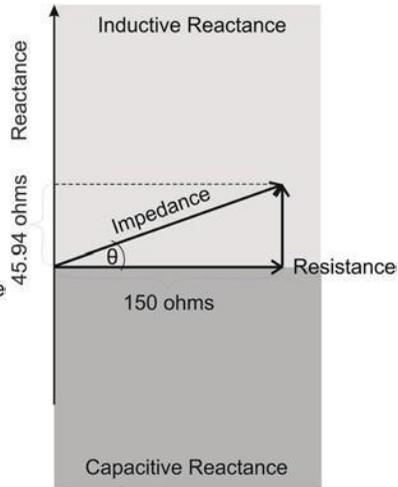


Рисунок А9.9

Теперь мы можем использовать формулу для тангенсов, чтобы вычислить фазовый угол.

$$\tan \theta = \frac{45.94}{150} = 0.306$$

$$\theta = \arctan(0.306)$$

$$\theta = 17^\circ$$

ГЛАВА 6 ОТВЕТЫ

- 6.1 Нагрузка с фазовым углом 40° является более реактивной, чем нагрузка с фазовым углом 30° .
- 6.2 Если ток опережает напряжение, то это емкостная нагрузка.
- 6.3 Если реальная мощность и кажущаяся мощность равны, то реактивная мощность равна 0 VAR .
- 6.4 Если реактивная мощность и кажущаяся мощность равны, то реальная мощность равна 0 Вт .
- 6.5 Трансформатор 150 кВА может подавать 625 А при 240 В ($150000 \div 240 = 625$). Если это трехфазный трансформатор, то он, вероятно, будет перегорел при 200 А на ногу.
- 6.6 Если фазовый угол равен 50° , то коэффициент мощности равен $0,64$, потому что косинус 50° равен $0,64$.
- 6.7 Нет, коэффициент мощности не может быть больше 1 , потому что косинус угла никогда не может быть больше 1 . В реальной сложности коэффициент мощности больше 1 означает, что реальная сила больше, чем кажущаяся мощность, что невозможно. Реальная мощность - это работа, которая выполняется, а кажущаяся мощность - это сочетание реальной мощности, и, поскольку реактивная мощность не работает, коэффициент мощности больше 1 означает, что вы получите больше работы из системы, чем было положено.
- 6.8 Низкий коэффициент мощности нежелателен, так как для него требуется больше возможностей по управлению током, включая более крупные трансформаторы, коммутаторы, кабели, рабочую силу и другие ресурсы, для того же количества передаваемой мощности.
- 6.9 Светильник с высоким коэффициентом мощности меньше и легче, чем аналогичный с более низким коэффициентом мощности, потому что он требует меньшего тока, поэтому он может использовать меньшие провода, предохранители, компоненты и аппаратные средства.
- 6.10 Низкий коэффициент мощности можно скорректировать, добавив противоположный тип реактивной нагрузки. Если это индуктивная нагрузка, добавьте конденсатор коррекции коэффициента мощности; если это емкостная нагрузка, добавьте индуктор коррекции коэффициента мощности.

6.11 При высокой реактивной нагрузке ток высокий, но потребляемая (реальная) мощность мала. Ток-это поток энергии, но энергия движется назад и вперед между нагрузкой и источником питания. Единственная потребляемая энергия обусловлена резистивной частью нагрузки и линейными потерями (из-за сопротивления медных проводников).

6.12 Реактивная мощность - это сила, которая не работает, то есть реактивная электрическая мощность. Энергия временно накапливается в реактивных компонентах - либо в магнитном поле, если оно является индуктором, либо в электростатическом поле, если это конденсатор, - и затем возвращается в источник питания (за вычетом потерь из-за неэффективности).

6.13 Активная электрическая мощность - это мощность, которая работает или мощность, потребляемая нагрузкой.

6.14 Кажущаяся мощность - это общий ток, умноженный на напряжение. Это также векторная сумма активной электрической мощности и реактивной электрической мощности.

6.15 Если нагрузка составляет 13 А при напряжении 120 В, кажущаяся мощность составляет 1560Вт.

6.16 Источник питания устройства управления и контроля с коэффициентом мощности 0,93 имеет фазовый угол $21,6^\circ$ (фазовый угол = обратный $[\cos 0,93] = 21,6^\circ$). Если при 220 В ток равен 8,3 А, то реальная электрическая мощность составляет 1698 Вт (реальная электрическая мощность = $220 \text{ В} \times 8,3 \text{ А} \times 0,93$).= 1698,2 Вт). Реактивная мощность составляет 671 Вт (реактивная мощность = $\sqrt{(\text{кажущаяся мощность})^2 - \text{реальная электрическая мощность}^2}$) = $\sqrt{(18262 - 1698,22)} = 671,1 \text{ Вт}$).

6.17 Если двигатель имеет номинальную мощность 15 кВА и 2,5 кВАр, то реальная электрическая мощность 14.8 кВт, как показано ниже:
 кажущаяся мощность² = реальная электрическая мощность² + реактивная мощность²
 $15,000^2 = \text{реальная электрическая мощность}^2 + 2500^2$
 реальная электрическая мощность = $\sqrt{[15\ 000^2 - 2500^2]} = 14\ 790,2 \text{ Вт}$
 Кажущаяся мощность равна 15 кВА. (Каверзный вопрос!) Если напряжение составляет 480 В, двигатель потребляет около 31 А ($15\ 000 \div 480 = 31,25$).

6.18 Трехфазный подъемник на 380 В, потребляющий 1,8 А с коэффициентом мощности 0,62, потребляет 735 Вт, как показано ниже: 5 ВА).

6.19 41,7 лошадиных сил составляет 31108,2 Вт (41,7 лошадиных сил x 746 Вт/лошадиная сила = 31108,2 Вт). Если КПД составляет 94% (0,94), то потребляемая мощность составляет 33,094 Вт (31,108,2 Вт ÷ 0,94 = 33,094 Вт).

6.20 Если двигатель в 6.19 выше имеет коэффициент мощности 0,81, то общий ток тяги равен:

$$\text{Power}_{\text{з.д.}} = \text{Voltage} \times \text{Current} \times \text{Power factor} \times 1.73$$

$$33,094 = 380 \text{ V} \times I \times 0.81 \times 1.732$$

$$I = 33,094 \div (380 \times 0.81 \times 1.732)$$

$$I = 62.1 \text{ A 3-phase or } 186 \text{ A total}$$

ГЛАВА 7 ОТВЕТЫ

7.1 Натурная площадка с четырьмя 20к ТГЦ, питаемыми от переносного генератора, потребует (а) 666,7 А при 120 В, (б) 333,3 А при 240 В и (с) 166,7 А при 480 В.

7.2 Однофазный трансформатор с соотношением витков 2:1 и выходом 240 В означает, что входное напряжение равно 480 В. Если вы перепрограммируете его так, чтобы выход стал первичным, а вход стал вторичным, то выходное напряжение будет 960 В.

7.3 Если две формы волны на левой стороне рисунка 7.8 были добавлены, они добавляют к 0 В, потому что они на 180° не совпадают по фазе друг с другом. С однофазным трехпроводным заземленным трансформатором средней точки, когда вы измеряете напряжение от фазы к фазе, напряжения на обеих обмотках вычитаются; в противном случае напряжение будет равно 0 В.

7.4 На рисунке ниже показано векторное представление напряжения, измеряемого на однофазном трехпроводном заземленном трансформаторе средней точки, как показано на рисунке 7.14. Верхняя стрелка (А) представляет собой вектор, представляющий напряжение от центрального ответвления к одному из фазных проводников, а другая стрелка (В) представляет напряжение от центрального ответвления к другому фазовому проводнику.

7.5 (а) приложение 10: Напряжение и частоты по всему миру показывают, что допустимое отклонение напряжения в Австралии составляет +/- 6%. В Лос-Анджелесе это +/- 5%. (б) Если в Австралии напряжение бытового/промышленного назначения составляет 240 В, то допустимый диапазон напряжений составляет от 225,6 В до 254,4 В.

7.6 Если 4-полюсный генератор вращается со скоростью 1500 об/мин, частота будет 50 Гц, потому что 1500 об/мин - это 25 оборотов в секунду (1500 оборотов в минуту ÷ 60 секунд в минуту = 25 оборотов в секунду), и он создает два полных периода переменного тока для каждого однооборотного.

7.7 Важно убедиться, что автоматические выключатели выключены перед запуском генератора, потому что могут быть проблемы с электрической системой, например, короткое замыкание или перегрузка, и безопаснее включать систему постепенно, а не все сразу. Лучше всего включать автоматические выключатели один за другим после выполнения всех проверок безопасности перед запуском генератора.

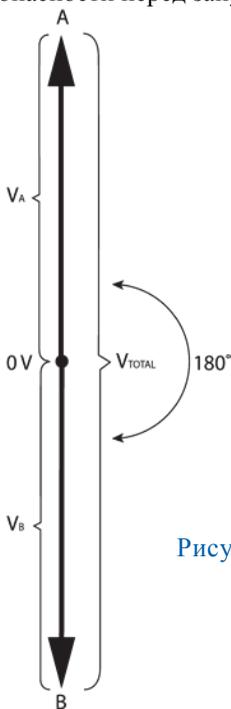


Рисунок А9.10

7.8 Важно не менять переключатель выбора напряжения на генераторе, когда он работает, потому что переключение его под нагрузкой вызовет дугу, которая может серьезно повредить оборудование и/или привести к травме. Изменяйте настройку переключателя напряжения только при выключенном генераторе.

7.9 Трехфазный генератор, работающий в однофазном режиме, выдает только 2/3 своей мощности, поскольку два из трех ветвей соединены последовательно, что означает, что доступны только два из трех выходов.

7.10 Если трехфазный генератор 1800 кВА настроен на работу в однофазном зигзагообразном режиме, он может выдавать 1200 А при 120 В ($1800 \div 3 \times 2 = 1200$).

7.11 Если источники света питаются от электронного балласта с коэффициентом мощности 0,7, они будут потреблять в общей сложности 476 А при 240 В ($20000 \times 4 = 80000$; $80000 \div 0,7 = 114\,285$ кВА; $114\,285$ кВА \div 240 В = 476 А). Генератор должен иметь номинальную мощность 115 кВА или выше, чтобы обеспечить их надлежащее питание ($20000 \times 4 = 80000$; $80000 \div 0,7 = 114\,285$ кВА).

7.12 Если в системе имеется 16 светодиодных светильников, каждый из которых имеет мощность 720 Вт с коэффициентом мощности 0,5, тогда мощность генератора должна составлять не менее 23 кВА (16×720 Вт = $11\,520 \div 0,5 = 23$ кВА).

7.13 Важно дать генератору остыть без нагрузки, прежде чем выключать его, потому что топливо циркулирует через турбонагнетатель, который очень сильно нагревается. Если перед выключением не дать остыть без нагрузки, подшипники могут заклинивать.

7.14 Важно заполнять топливный бак в генераторе после каждого использования, потому что топливо циркулирует через двигатель, и неиспользованное топливо возвращается в бак, поэтому топливо становится очень горячим. По мере охлаждения он вызывает конденсацию в баке и загрязняет топливную систему. Если в топливопроводы попадает слишком много воды, генератор должен быть выведен из эксплуатации, а топливная система очищена.

7.15 Фильтры на портативном генераторе следует менять примерно каждые 100 часов работы.

7.16 Если батарея имеет номинальную мощность 4800 мАч, устройство, использующее ее, может работать в течение 6,4 часа, если оно потребляет 0,75 А. ($4800 \text{ мА} = 4,8 \text{ А}$; $4,8 \text{ Ач} \div 0,75 \text{ А} = 6,4 \text{ ч}$).

7.17 Трехфазный питающий трансформатор 400/230 V, рассчитанный на 75 кВА, обеспечит общее напряжение 326 А или 108 А при 230 V.

7.18 Для питания системы с нагрузкой 175 кВт и средним коэффициентом мощности 0,75 потребуется трансформатор мощностью не менее 233,3 кВА. ($175 \text{ 000 Вт} \div 0,75 = 233,3 \text{ кВА}$). Если мы допустим подслушивание в 20%, нам потребуется трансформатор мощностью не менее 291,7 кВА. ($233,3 \text{ кВА} \div 0,8 = 291,7 \text{ кВА}$).

7.19 Не рекомендуется смешивать литиевые батареи разных типов, батарей разного возраста или разных производителей, потому что, если одна или несколько батарей слабее, чем другие, более сильные батареи будут работать сильнее, обеспечивая энергию, что может привести к перегреву и воспламенению.

7.20 Носить литиевые батареи в карманах одежды небезопасно, поскольку они легко воспламеняются.

ГЛАВА 8 ОТВЕТЫ

8.1 Факторы, которые влияют на полное сопротивление человеческого тела, включают в себя напряжение, ток, форму волны, переменный или постоянный ток, частоту, продолжительность воздействия, форму тела, возраст, вес, пол, путь тока, количество одежды, количество влаги.

8.2 Если человек наматывает свою сухую руку на трубу диаметром 1 ½ дюйма, сопротивление может составлять от 500 Ом до 1500 Ом.

8.3 Если человек обматывает свою сухую руку вокруг трубы 1/2 дюйма, как в 8.2, и труба находится под напряжением до 120 V, то ток будет в диапазоне от 0,08 А ($120 \div 1500 = 0,08$) до 0,24 А ($120 \div 500 = 0,24$), Если на трубу подается напряжение 230 V, ток будет в диапазоне от 0,153 ($230 \div 1500 = 0,153$) до 0,46 А ($230 \div 500 = 0,46$). В обоих случаях тока достаточно, чтобы вызвать летальный исход.

8.4 От 100 до 300 миллиампер (от 0,1 до 0,3 ампер) достаточно, чтобы сердце впало в фибрилляцию.

8.5 Чтобы увеличить сопротивление, вы можете носить перчатки, обувь на резиновой подошве, длинные хлопчатобумажные штаны и рубашку, шляпу и толстые носки; снять висячие украшения; стоять на ковре; не стоять в воде.

8.6 Вы должны носить натуральное волокно, потому что синтетическое волокно имеет низкую температуру плавления и может расплавиться на коже и усугубить ожог в случае вспышки дугового разряда или электрического пожара.

8.7 Если вы держите металлическую трубу диаметром $1 \frac{1}{2}$ дюйма, а импеданс составляет 500 Ом, самое низкое напряжение, которое может вызвать протекание 20 мА и захват мышц, составляет 10 В ($0,02 \text{ A} \times 500 \text{ Ом} = 10 \text{ В}$).

8.8 Да, грань вспышки дугового разряда может быть больше (или вне) грани ограниченной защиты. Граница вспышки дугового разряда зависит от имеющегося тока короткого замыкания, а граница ограниченной защиты зависит от напряжения незащищенного проводника тока под напряжением.

8.9 Минимально ощутимый ток - это минимальное количество тока, которое человек может воспринимать; для большинства людей это составляет от 0,2 до 0,5 миллиампер.

8.10 Средний человек может быть поражен примерно на 0,5 миллиампер.

8.11 Пусковой ток может быть опасным, если вы находитесь на высоте (например, на лестнице), тогда падение может привести к серьезным травмам.

8.12 При 20 мА 92,5% мужчин и 100% женщин и детей не могут отпустить, а при 30 мА никто не может отпустить.

8.13 Шлем класса G разработан, чтобы противостоять ударам падающих предметов и снизить опасность воздействия электрических проводников до 2200 В.

8.14 Примерно от 10 до 60 миллиампер, у человека обычно бывает затрудненное дыхание.

8.15 Самая распространенная травма из-за поражения электрическим током - это дуговые ожоги.

8.16 Вспышка дугового разряда - это дуга в воздухе, вызванная ионизацией воздуха вокруг проводника тока и переходом от изолятора к проводнику тока. Затем проводник тока разряжается и создает чрезвычайно горячий плазменный шар.

8.17 Температура воздуха может достигать 19 427°C (35 000°F) во время вспышки дугового разряда.

8.18 Дуговой разряд - это взрыв очень высокого давления, создаваемый вспышкой дугового разряда.

8.19 Когда медь подвергается воздействию температур, связанных с вспышкой дугового разряда, она испаряется и расширяется до 67 000 раз.

8.20 Некоторые травмы, которые могут быть вызваны дуговым разрядом, включают разрывы ушных раковин, сжатие легких, сотрясение мозга, повреждение внутренних органов.

8.21 Некоторые вещи, которые могут способствовать вспышке дугового разряда, включают пыль, примеси, коррозию, влагу, человеческий контакт, упавшие инструменты, высокое напряжение и разрушение изоляции.

8.22 Граница вспышки дугового разряда - это граница, в пределах которой человек может получить ожог второй степени в случае вспышки дугового разряда.

8.23 Если измеряемое напряжение составляет 230 В на открытом, незащищенном фиксированном проводнике тока, ограниченная граница доступа составляет 1 метр (3 фута 6 дюймов).

8.24 Блокировка и опломбирование - это процедура, обеспечивающая обесточивание цепи, ее блокировку и проверку перед выполнением любой работы над ней.

8.25 Важно, чтобы только один человек держал ключ в блокировке и опломбировании, чтобы она не была по незнанию разблокирована в случае нарушения контактов.

ГЛАВА 9 ОТВЕТЫ

9.1 Если сопротивление линии передачи составляет 1 Ом на милю, а сопротивление равно 5280 футов на милю, то сопротивление равно

0,000189 Ом. Если ток составляет 300 А, то напряжение от одной ноги птицы к другой составляет 0,057 В. ($V = I \times R$; $V = 300 \text{ А} \times 0,000189 \text{ Ом} = 0,057 \text{ В}$).

9.2 Если поместить один зонд в точке D и один зонд в точке C, то опорное напряжение 2 В (при условии, первый зонд является шупом общего вывода). Напряжение будет считываться как 116 В ($118 \text{ В} - 2 \text{ В} = 116 \text{ В}$).

9.3 Основное назначение заземляющего электрода - молниезащита или защита от перенапряжения.

9.4 Если в качестве зануляющего/заземляющего электрода используется водопроводная труба, важно приклеить ее к нему в пределах 5 футов от места, где он входит в здание, потому что он может быть преобразован в ПВХ (пластик), иметь изолирующую прокладку или иным образом стать электрически изолирован от здания.

9.5 Зануление/заземление должны быть восстановлены в отдельно полученной системе, потому что нет никакой электрической связи между входом и выходом отдельно выведенной системы, поэтому нет зануления/заземления на выходе.

9.6 Если рама генератора, установленного на грузовике или трейлере, служит заземляющим электродом вместо земли, трейлер должен быть изолирован от земли, чтобы предотвратить путь для обратного тока через землю.

9.7 Цель зануления/заземления нулевого рабочего проводника тока, чтобы обеспечить стабильный исход 0 В.

9.8 Требования к управлению зануляющим/заземляющим стержнем при использовании портативного генератора энергии зависят от местных норм и правил. Обязательно прочитайте и следуйте местным правилам.

9.9 Иногда не рекомендуется управлять зануляющим/заземляющим стержнем из-за плотности инфраструктуры, включая подземные электрические, газовые, водопроводные, канализационные, кабельные, контрольные кабели для сигналов дорожного движения, телефонные и другие кабели, трубы и конструкции.

9.10 Если вы работаете на улице и видите удар молнии, вам следует рассчитать гром, чтобы измерить расстояние удара. Правило 30/30 выражает идею, что если в шести милях от электрической системы произошел удар молнии, то он должен быть отключен, и вам следует подождать не менее 30 минут после последнего удара молнии, чтобы снова запустить его. (Есть также погодные приложения для смартфонов, которые показывают удары молнии на карте. "WeatherBug" от "Earth Networks" хорошо работает.)

9.11 Важно соединить несколько генераторов, которые работают в пределах

20 футов друг от друга, чтобы была эквипотенциальная зона зануления/заземления, и чтобы не было двух металлических частей с разным напряжением относительно

зануляющие/заземляющие проводники. Также важно подключиться к зданию или сооружению, на которое генератор подает питание по той же причине - чтобы создать эквипотенциальную зону зануления/заземления без различий в напряжении между ними. Требование к соединению со зданием или структурой включает в себя соединение с переносной сцены.

9.12 Согласно Комитету по электробезопасности в Онтарио (КЭО), все генераторы мощностью более 12 кВт должны быть заземлены, а генераторы мощностью менее 12 кВт должны быть заземлены, если они не заземлены на корпусе или не используют нагрузку, подключенную к шнуру и вилке. Заземление должно выполняться одним из четырех приемлемых заземляющих электродов, включая: (а) два 10-дюймовых заземляющих стержня, расположенных на расстоянии 10 футов друг от друга и отведенных на полную глубину, (б) утвержденная заземляющая пластина, которая обычно имеет размеры $10 \times 16 \times 1/4$ дюйма и зарыта на глубину не менее два фута, (г) заглубленная металлическая водопроводная труба, такая как пожарный гидрант или водопроводный кран, или (д) существующий металлический предмет, эквивалентный по размеру и глубине (а) или (б).

9.13 Допустимо использовать провод зануления/заземления меньшего размера, чем фазовые провода, потому что провод зануления/заземления должен проводить ток достаточно долго, чтобы отключить выключатель и прервать цепь, которая при системе зануления/заземления должным образом функционирует, это займет очень короткое время. Вот почему важно иметь низкий импеданс относительно зануления/заземления, чтобы в случае замыкания зануления/заземления протекал большой ток короткого замыкания.

9.14 Если провод зануления/заземления слишком длинный или в нем есть шлейфы, это увеличивает сопротивление системы зануления/заземления, что приводит к уменьшению тока в случае замыкания зануления/заземления, и,

следовательно, требуется больше времени для того, чтобы прервать цепь.

9.15 Главная соединительная перемычка является важной частью электрической системы, поскольку она устанавливает путь для тока повреждения к источнику питания в случае повреждения металлического корпуса электрической системы. Без этого металлические части будут оставаться под напряжением вместо того, чтобы отключить устройство защиты от энергоперегрузки.

9.16 Заземляющий проводник оборудования или защитный проводник цепи помогает устранить замыкание на землю, обеспечивая путь с низким полным сопротивлением для тока короткого замыкания обратно в источник питания, что, в свою очередь, приводит к тому, что устройство защиты от энергоперегрузки прерывает цепь.

9.17 Использование «адаптера подъема на землю» для прерывания контуров заземления может создать потенциально смертельную ситуацию. Их предназначение - сделать зануление/заземление, а не разбить ее. Она соединяет трехпроводную систему с двухпроводная система, которая не имеет зануления/заземления, путем подключения заземляющего штыря к зеленой клемме, которая затем соединяется с металлической распределительной коробкой на розетке с помощью металлического винта.

9.18 Контурные зануления/заземления могут создавать помехи для освещения и/или видеооборудования. Они могут вызывать шум в видеосистемах и неустойчивую или ненадежную работу в системах освещения.

9.19 Проблема использования двух соединительных перемычек в разных местах одной и той же электрической системы заключается в том, что она создает двойной путь для обратного тока через нейтральные и зануляющие/заземляющие проводники. Это известно как «нежелательный ток». Проводник зануления/заземления должен проходить через него только в случае замыкания на землю.

9.20 В изолированной системе зануления/заземления важно соединить изолированное зануление/заземление здания, чтобы создать плоскость или зону с равным потенциалом напряжения, в которой нет двух металлических кусочков с разным потенциалом или напряжением.

9.21 Если проводник тока под напряжением должен был иметь электрический контакт с металлическим корпусом оборудования, металлическим кабелепроводом или металлической рампой, когда электрическая система не заземлена должным образом занулена/заземлена, то металлические проводящие части будут оставаться под напряжением вместо

того, чтобы отключить автоматический выключатель или перегорел предохранитель.

9.22 Зануляющий/заземляющий электрод обычно расположен рядом со служебным входом в здание или рядом со служебной панелью на стене напротив служебного входа.

ГЛАВА 10 ОТВЕТЫ

10.1 Существует обратная зависимость между величиной перегрузки по току и временем срабатывания предохранителя или размыкания автоматического выключателя; чем выше энергоперегрузка, тем быстрее перегорит предохранитель или сработает автоматический выключатель.

10.2 Предохранители имеют номинальное напряжение, потому что после их открытия они должны выдерживать приложенное напряжение. Если они не рассчитаны на приложенное напряжение, то они могут образовать дугу и продолжать проводить, тем самым нарушая назначение предохранителя.

10.3 Предохранитель с высокой отключающей способностью - это предохранитель с высокой разрывной способностью, предназначенный для прерывания больших токов без повреждения самого себя или электрической системы. Они обычно используются в системах распределения друг другу. Если есть разница в потенциале, он будет выравниваться через электроэнергию для прерывания токов фидера.

10.4 Предохранитель ограничения тока предназначен для защиты цепи и всех компонентов, подключенных к ней, путем ограничения короткого замыкания или пикового тока в любое время. Это достигается за счет размыкания цепи менее чем за 1/2 цикла (0,008 секунды для 60 Гц или 0,01 секунды для 50 Гц) и значительного снижения тока короткого замыкания, что уменьшает повреждения и повышает безопасность электрической системы.

10.5 Предохранитель с номинальным номиналом рассчитан на то, чтобы выдерживать напряжение разомкнутой цепи в течение 30 секунд или иметь сопротивление прерыванию не менее 1000 Ом.

10.6 Назначение предохранителя с временной задержкой - обеспечить нормальные пусковые токи для таких нагрузок, как двигатель, конденсаторы и лампы накаливания.

10.7 Целью заполнения предохранителя кварцевым песком является гашение дуги предохранителя при его перегорании. Дуга производит интенсивное тепло, которое превращает песок в стекло, а стекло в изолятор.

10.8 Термический выключатель измеряет ток через биметаллическую полосу, которая изгибается пропорционально току, протекающему через нее. Если ток достаточно высок, биметаллическая полоса изгибается достаточно далеко, чтобы отключить привод и разомкнуть цепь.

10.9 Тепловые автоматические выключатели более щадящие скачки напряжения, потому что быстрые скачки напряжения и скачки недостаточно нагревают биметаллическую полосу, чтобы отключить автоматический выключатель.

10.10 Целью сочетания защиты от тепловой перегрузки и защиты от магнитных цепей является обеспечение защиты от перегрузки и короткого замыкания в одном устройстве.

10.11 Магнитный выключатель работает, считывая магнитное поле, генерируемое током, протекающим через цепь. Когда он превышает номинальную силу тока, он замыкает якорь, который размыкает переключающие контакты.

10.12 Магнитные автоматические выключатели являются более точными, чем тепловые автоматические выключатели, поскольку на них не влияет температура окружающего воздуха.

10.13 Температура окружающей среды влияет на тепловые автоматические выключатели, увеличивая тепловую нагрузку и изменяя реакцию биметаллической полосой. Температура окружающего воздуха не влияет на магнитные выключатели.

10.14 Миниатюрные автоматические выключатели типа В отключаются мгновенно, когда ток в три-пять раз превышает номинальную силу тока.

10.15 ВК33 (выключатель короткого замыкания на землю), предназначенное для прерывания цепи, когда ток утечки составляет 30 мА или более. Оно определяет разницу между исходящим током и током возврата, пропуская проводники тока через тороид, обмотанный проводом, который посылает сигнал на электромагнитный клапан, управляющий переключающими контактами.

10.16 ВК33 (выключатель короткого замыкания на землю) - это устройство,

предназначенное для прерывания цепи при наличии тока утечки 6 мА или более. Он определяет разницу между исходящим током и током возврата, пропуская проводники через тороид, обмотанный проводом, который посылает сигнал на микросхему интегральной схемы, управляющую переключающими контактами.

10.17 Основное различие между УЗО и ВКЗЗ заключается в том, что УЗО прерывает цепь, если ток утечки составляет 30 мА или более, а ВКЗЗ прерывает цепь, если ток утечки превышает 6 мА, но не менее 4 мА. Это важное различие, поскольку около 99% населения мира может выдержать удар 6 мА в течение времени, которое требуется ВКЗЗ для прерывания цепи, что делает его устройством индивидуальной защиты класса А.

10.18 Различие между ВКЗЗ класса А и класса В состоит в том, что класс А прерывает цепь, когда имеется ток утечки 6 мА или более, что означает, что это устройство защиты персонала, но ВКЗЗ класса В прерывает цепь, если имеется 20 мА или более тока утечки, который не является устройством защиты персонала.

10.19 BSR E1.19, Рекомендованная практика использования выключателей короткого замыкания на землю класса А (ВКЗЗ), предназначенных для защиты персонала в индустрии развлечений, не распространяется на европейские системы распределения электроэнергии.

10.20 ВКЗЗ следует использовать каждый раз, когда рядом с электрической системой есть вода или влага, то есть в пределах 8 футов. Это включает в себя на открытом воздухе (если сцена не покрыта и нет шансов, что она может промокнуть), в бассейнах, фонтанах, сценах с эффектами воды и в других местах, где существует вероятность того, что контуры могут намочнуть.

10.21 ВКЗЗ должны использоваться для разветвленных цепей для освещения на катке, потому что лед является проводящим.

10.22 Не следует использовать ВКЗЗ, если их отключение может создать опасность, например, в цепях аварийного освещения, системах жизнеобеспечения и т. д.

10.23 Стандартные ВКЗЗ запрещены для использования в диммированных цепях, потому что электронным компонентам в ВКЗЗ требуется постоянная мощность для правильной работы, и потому что гармоники третьего порядка, генерируемые обычными диммерами с прямой фазой, могут интерпретировать ВКЗЗ как утечку тока, которая может вызвать ложное срабатывание.

10.24 ВКЗЗ может работать без оборудования провода заземления.

Цепь определяет разницу в токе между выходным током и током возврата, который не включает провод заземления.

10.25 Система провода заземления может защищать от скачков напряжения и ударов молнии, в отличие от ВКЗЗ.

ГЛАВА 11 ОТВЕТЫ

11.1 Широтно-импульсная модуляция - это включение и выключение постоянного тока для изменения ширины импульса тока. Она используется для управления уровнем яркости большинства светоизлучающих диодов. Светоизлучающие диоды не могут работать с диммерами с прямой фазовой регулировкой, поскольку излучатели являются низковольтными устройствами, а регуляторы освещённости относительно высокое напряжение.

11.2 Если СИД источник питания с широтно-импульсной модуляцией, это нелинейная нагрузка.

11.3 Частота СИД с широтно-импульсной модуляцией определяет взаимодействие между световым импульсом и частотой кадров видео и фильма. Если оно слишком низкое, то некоторые кадры будут иметь другой уровень экспозиции, чем другие, создавая тем самым мерцание.

11.4 Неправильно подключать СИД с источником питания, используя широтно-импульсную модуляцию с диммером, даже если диммер установлен на полную мощность. Это потому, что регуляторы освещённости изменяют форму сигнала и могут создавать смещение постоянного тока, что в конечном итоге приведет к разрушению электронных компонентов в СИД.

11.5 Если бы триак или КУТ использовались для затемнения лампы накаливания с использованием обратного контроля фазы, они были бы разрушены, потому что это требовало прерывания цепи под нагрузкой, которая может образовать дугу и разрушить триак или КУТ.

11.6 Интенсивность затемненной лампы изменяется прямо пропорционально углу включения диммера. Чем выше угол зажигания (до 180°), тем ниже интенсивность.

11.7 Если положительные и отрицательные полупериоды диммера не будут отражать друг друга, возникнет смещение постоянного тока, и нагрев разрушит электронные компоненты.

11.8 Требуется два КУТ, чтобы заставить работать один канал диммера, потому что КУТ является направленным устройством и может проводить только в течение положительного или отрицательного полупериода, в зависимости от его полярности в цепи. При использовании двух КУТ один будет проводить для положительного полупериода, а другой - для отрицательного полупериода.

11.9 Дроссель уменьшает или устраняет шум в диммере, подавляя внезапный рост тока, когда диммер включает напряжение.

11.10 Диммер с обратным фазовым управлением не нуждается в дросселе, потому что он не вызывает внезапного повышения тока; вместо этого он отключает напряжение во время каждой половины формы сигнала напряжения, поэтому ток просто выходит из цепи.

11.11 Нелинейные нагрузки вызывают протекание гармонических токов в электрической системе.

11.12 Проблема с током, протекающим в нулевой рабочий проводник, состоит в том, что это единственный нормально проводящий ток проводник без предохранителя или автоматического выключателя.

11.13 Трансформатор К-отношения не препятствует протеканию гармонического тока через электрическую систему, он только лучше справляется с ними. У них большие нулевые рабочие проводники, клеммы и шины, и у них больше места для отвода тепла, чем у других трансформаторов.

11.14 Трансформатор подавления гармоник предотвращает протекание гармонической волны в электрической системе, используя зигзагообразную обмотку, чтобы выровнять магнитные поля тройных токов в прямом противостоянии, тем самым подавляя их.

11.15 Звуки накала вызваны внезапным нарастанием тока, когда диммер включает напряжение во время каждой половины формы сигнала.

11.16 Время нарастания диммера является мерой эффективности дросселя; чем медленнее возрастает ток, тем менее шумит диммер. Время нарастания в диммере изменяется в зависимости от размера дросселя; чем больше дроссель, тем дольше время нарастания.

11.17 Если диммер с прямым фазовым управлением отключается при 35° ,

он должен снова включить напряжение на 215° , чтобы избежать смещения постоянного тока ($35^\circ + 180^\circ = 215^\circ$).

11.18 Основная частота пилообразного колебания 120 Гц составляет 120 Гц; вторая гармоника составляет 240 Гц; третья гармоника 360 Гц.

11.19 Чтобы лучше понять, как можно добавить сигналы синусоидальной формы для создания другой формы волны, выполните следующие действия с помощью компьютера с электронной таблицей Excel. Первым шагом является создание трех синусоидальных волн: одна с основной частотой, одна с третьей частотой гармонической волны (в три раза больше основной частоты) и одна с пятой частотой гармонической волны (в пять раз больше основной частоты). Затем мы добавим их и наметим результаты.

a. Откройте новую таблицу в Microsoft Excel.

b. Введите число «0» в ячейку A1 и нажмите Enter.

c. Выделите ячейку A1. Щелкните и перетащите маркер заливки в нижнем правом углу ячейки A1 вниз к ячейке A361.

d. На панели инструментов нажмите "правка", затем "заливка", затем "серия".

e. Заполните эти значения в окне-ряды в Столбцах; шаг значение 1; Стоп значение 360; введите линейный. Нажмите ОК. Он должен заполнить значения от 0 до 360 в ячейках A1 через A361. Этот столбец показывает фазовый угол.

f. В ячейку B1 введите следующую формулу, без кавычек и точки в конце: " $=\text{COS}(\text{радианы}(A1))$."

g. Выделите ячейку B1. Щелкните и перетащите маркер заполнения в нижнем правом углу ячейки B1 до ячейки B361. Он должен заполнить значение Косинуса для фазового угла влево в каждой ячейке. Теперь вы создали косинусный ряд с 361 точкой отсчета от 0° до 360° .

h. В ячейке C1 введите следующую формулу без кавычек или точки в конце: " $=0,5 * \text{COS}(\text{радианы}(3 * A1))$."

i. Выделите ячейку C1. Щелкните и перетащите маркер заливки в нижнем правом углу ячейки C1 вниз к ячейке C361. Он должен заполнить значение Косинуса для трехкратной частоты и половины амплитуды синусоиды в

столбце слева. Это косинусный ряд для третьего гармонического ряда.

j. В ячейку D1, введите формулу без кавычек и точки в конце:
 "=0,25 * COS (радианы (5 * A1))."

k. Щелкните и перетащите маркер заполнения в нижнем правом углу ячейки D1 до ячейки D361. Следует заполнить значение косинуса в пять раз больше частоты и одной четверти ряда косинусов в столбце В. Это волна косинуса для пятой гармонической серии.

l. Теперь, когда мы создали основной ряд, третий гармонический ряд и пятый гармонический ряд, мы суммируем их в столбце

Е. В ячейку E1 введите следующую формулу без кавычек или точки в конце: " =B1 + C1 + D1."

m. Щелкните и перетащите маркер заливки в нижнем правом углу ячейки E1 вниз к ячейке E361. Он должен заполнить значение для суммы трех косинусных волн в каждой ячейке.

n. Теперь выделите столбцы с В по Е, щелкнув заголовок в столбце В и перетащив курсор на Е. Затем все четыре столбца должны быть выделены.

o. Нажмите «Вставить» на панели инструментов, затем «Диаграмма» (или щелкните вкладку «Диаграмма» под панелью инструментов). Вы должны увидеть несколько значков, показывающих различные типы графиков. Нажмите на строку, затем откроется другое окно с несколькими различными типами линейных графиков. Выберите первый с надписью «Линия».

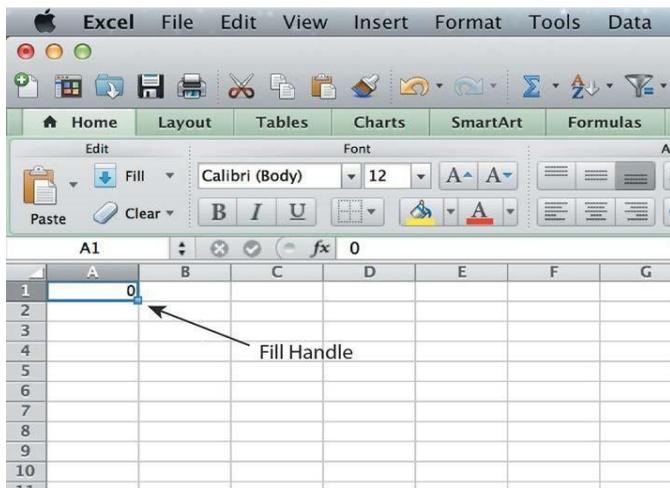


Рисунок A9.11

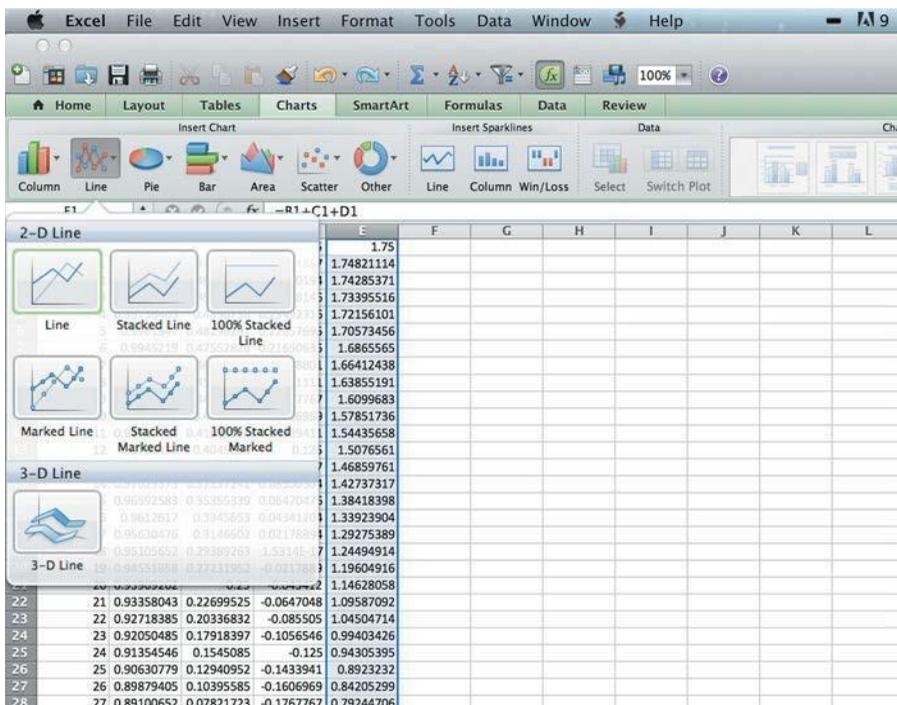


Рисунок А9.12

Как только вы нажмете на «Линия», Excel откроет новое окно с диаграммой, подобной показанной на рисунке А9.13.

Средняя синяя линия - это основная частота, красная линия - третий гармонический ряд, зеленая линия - пятый гармонический ряд, а фиолетовая линия - сумма первых трех. Обратите внимание, что новая форма волны была создана путем добавления трех форм сигналов чистого косинуса.

11.20 Тройки суммируют в нулевом рабочем проводнике, потому что они в три раза больше частоты и фазового угла основной частоты. Исходный фазовый угол между тремя фазовыми токами составляет 120° , а $3 \times 120^\circ$

$= 360^\circ$. Это то же самое, что 0° , так что трехфазные токи, которые раньше были не в фазе, теперь находятся в фазе друг с другом; следовательно, нет блокировки, но есть прочность.

11.21 Если рабочий цикл синусоидального диммера составляет 25%, уровень диммирования составляет 25% (при условии линейной кривой диммирования).

11.22 Другое название трансформатора подавления гармоник - зигзагообразный трансформатор или ГСТ.

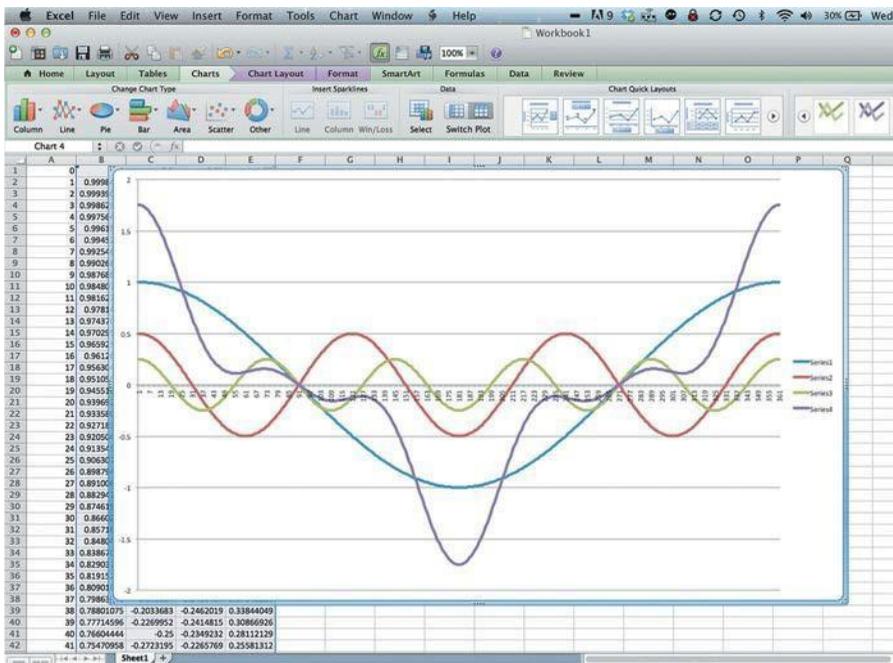


Рисунок А9.13

ГЛАВА 12 ОТВЕТЫ

12.1 Если вы поместили один вывод вольтметра в точку А, а другой - в точку В, напряжение должно быть равно 120 V. Из точки В в точку С оно должно быть равно 2 V. От С до D оно должно быть равно 116 V. И из точки D до А это должно читаться 2 V.

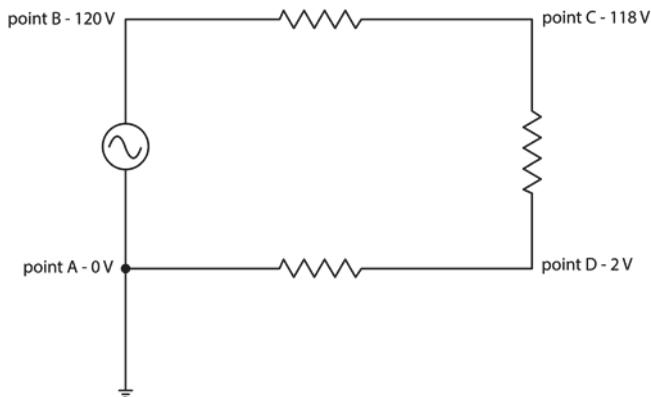


Рисунок А9.14

12.2 Падение напряжения на 100-футовом кабеле Socorex с # 12 АСОП и протекающим через него 16 А составляет 5,4 V. ($V = 2 \text{ KIL/A}$; $V = 2 \times 11 \times 16 \times 100/6320 = 5,4 \text{ V}$).

12.3 Важно не создавать и не разрывать соединение фидерного кабеля под нагрузкой, потому что фидерный кабель - это большой проводник тока, который часто подключается к источнику питания с большим доступным током повреждения. Подключение или отключение его под нагрузкой может вызвать вспышку дугового разряда.

12.4 Наиболее распространенным типом кабеля, используемого для переносного одинарный провод питающего кабеля или кабеля в США, является тип SC. В Канаде это называется ППК, а в Великобритании это H07RN-F.

12.5 С точки зрения распределения питания главная цель проявления - обеспечить достаточное количество энергии для питания системы, подтвердить типы разъемов и убедиться, что при загрузке не возникнет никаких неожиданностей.

12.6 Вы гарантируете целостность главной соединительной перемычки в электрической системе, проверяя непрерывность между нейтралью и проводом зануления/заземления. Если нет непрерывности, то основная перемычка соединения не работает должным образом.

12.7 Вы должны подключить всю передачу и проверить нагрузочную сторону электрической системы, прежде чем подключать ее к источнику питания, чтобы убедиться в отсутствии короткого замыкания или неправильно

подключенных электропроводов. Типами проблем, которые нужно искать, являются глухие короткие замыкания между фазовыми проводниками и зануления/заземления, между фазовыми проводниками и нулевым рабочим проводником, а также между фазами.

12.8 При подключении одиночного провода питающего кабеля важно сначала подключить провод зануления/заземления, чтобы система была заземлена. В противном случае, в случае неисправности проводящего металла (шасси, кабелепровода и т.д.) Не будет средств для отключения автоматического выключателя и устранения неисправности.

12.9 Вы должны делать живую связь только в том случае, если нет другой альтернативы для подачи энергии. Это никогда не должно быть сделано в противном случае. Меры предосторожности, которые следует предпринять, включают в себя использование надлежащих СИЗ, основанных на категории риска (резиновые перчатки с кожаными чехлами, обувь класса EH, соответствующая одежда, защитные очки и т.д.).

12.10 Важно проверять напряжение перед подачей питания на ответительные или конечные цепи, чтобы предотвратить случайное разрушение подключенного оборудования. Напряжение должно соответствовать характеристикам оборудования.

12.11 Падение напряжения не может быть измерено, если устройство, на которое подается питание, не включено. Если ток равен 0 А, то падение напряжения составляет 0 V.

12.12 Если падение напряжения для кабеля H07RN-F 1 × 95 составляет 0,46 V на километр, то сопротивление составляет 0,00146 Ом на км (исходя из максимального тока 314 А в атмосферном воздухе при температуре окружающего воздуха 30°C).

12.13 Расположение избыточного питающего кабеля на рисунке восемь предотвращает перегрев кабеля, уменьшая или устраняя индуктивное сопротивление. Индуктивное реактивное сопротивление уменьшит коэффициент мощности и увеличит ток во всей системе, что приведет к повышению температуры проводников тока. Нет необходимости изображать многоядерный ответительный кабель восьмерки, потому что ток возврата отменяет магнитное поле из-за выходного тока.

12.14 Однополюсные разъемы PowerLock более безопасны, чем разъемы Sam-Lok, потому что они имеют IP-рейтинг 2X, что означает, что нет достаточно большого отверстия для контакта пальца с проводом под напряжением.

12.15 Двойной нулевой рабочий проводник гарантирует защиту от перегрузки нейтрали до удвоенной мощности одного нулевого рабочего проводника, если вся электрическая распределительная система может выдержать двойной ток нейтрали. (Эмпирические данные указывают на то, что ток в нейтрали может достигать 170% фазных проводников.)

12.16 Важно убедиться, что все компоненты в нейтральном тракте удвоены или увеличены, если вы используете двойные нейтральные проводники, потому что система работает так же хорошо, как самое слабое звено, и если нейтральная шина или клеммы не имеют размера для двойного тока нейтрали они могут испортиться или быть разрушены чрезмерным током в нейтрали.

12.17 Целью системы является предотвращение случайного заземления фазового проводника тока, что вызывает вспышку дугового разряда.

12.18 В многоядерном кабеле имеется шесть цепей, которые заканчиваются 19-контактным разъемом Socarex и 12 проводниками с током. Коэффициент снижения номинальности этого кабеля в соответствии с таблицей 12.4 составляет 30%.

12.19 Если есть три проводника с током в контакте друг с другом, то, согласно таблице, емкость кабеля $4/0$ составляет 316 А.

12.20 Если контакты разъема каскада слишком сжаты, это приводит к плохому (высокому сопротивлению) соединению, которое вызывает нагревание, а также повышает сопротивление, вызывая больше нагрева и т.д. Конечным результатом является то, что контакты в конечном итоге сгорят, возможно, расплавив разъем.

12.21 Номинальное напряжение и ток разъема L6-20 составляет 250 В и 20 А.

12.22 Три пары разъемов могут использоваться в первых 100 футах (30 метрах) одножильного питающего кабеля в соответствии с NEC.

12.23 Разъем НАПЭ 3R обеспечивает защиту от доступа к опасным частям, а также от попадания падающей грязи, дождя, мокрого снега, снега и образования льда на корпусе.

12.24 Степень защиты IP 65 защищает от попадания пыли (полностью пыленепроницаемой) и попадания струи воды низкого давления со всех сторон.

12.25 Нулевой рабочий проводник считается токнесущим проводником в сбалансированной трехфазной системе с диммерами с прямым управлением фазой, потому что регуляторы освещённости делают его нелинейной нагрузкой, которая создает гармонические волны и вызывает ток в нейтрали.

12.26 Система распределения мощности должна оставаться включенной в течение пяти минут после того, как все газоразрядные лампы были убраны в конце шоу, чтобы лампы могли достаточно остыть. Преждевременное отключение питания может привести к преждевременному выходу ламп из строя.

Приложение 10

Всемирное напряжение тока и частоты

355

Страна	Частота и предел (Герц±%)	Бытовое напряжение тока (V) и проводка	Промышлен-ное апряже-ние тока (V) и проводка	Промышлен-ное апряже-ние тока (V) и проводка	Допусти-мое тклонение апряжении (±%)
Афганистан	50	220/380 (A) 220 (L)	380/220 (A)	380/220 (B) (3)	Нет данных
Алжир	50±1.5	220 (L) (1) 220/127 (E)	380/220 (A) 220/127 (A)	10кв 5.5 кв 380/220 (A)	±5-10
Ангола	50	220 (L) (1)	380/220 (A)	380/220 (B) (3)	Нет данных
Антигуа	60	230 (L) (1)	400/230 (A)	400/230 (A)	Нет данных
Аргентина	50±1.0	225 (L) (1) 220 (L) (1)	390/225 (A) 380/220 (A) 220 (L)	13.2 кв 6.88 кв 390/225 (A) 380/220 (A)	±10
Австралия	50±0.1	415/240 (A) (E) 240 (L)	415/240 (A) 440/250 (A) 440 (N) (6)	22кв 11кв 6.6 кв 415/240 (A) 440/250 (A)	±6
Австрия	50±0.1	380/220 (A) (B) 220 (L)	380/220 (A) (B) 220 (L)	20кв 10кв 5кв 380/220 (A)	±5
Багамские острова	60	240/120 (G) 120 (L)	240/120 (G) 120 (L)	415/240 (a) (3) 208/120 (A)	Нет данных
Бахрейн	50 & 60	400/230 (A) 230 (L) 120 (L)	400/230 (A) 380/220 (A) 230 (L) 220/110 (K)	11кв 400/230 (A) 380/220 (A)	±6
Бангладеш	50±4	400/230 (A) 230 (L)	11кв 400/230 (A)	11кв 400/230 (A)	±5

Барбадос	50±0.4	230/115 (G)(K) 200/115 (A) (E)	230/115 (G) (K) 200/115 (A) (E)	11кв 3.3 кв 230/115 (G) 200/115 (A)	±6
Бельгия	50±3	380/220 (A) 220/127 (A) 220 (F)	380/220 (A) 220/127 (A) 220 (F)	15кв 6 кв 380/220 (A) 220/127 (A) 220 (F)	±5 день; ±10 ночь
Белиз	60	220/110 (K)	220/110 (K)	440/220 (a) (3)	Нет данных
Бенин	50±1	380/220 (A) 220 (L)	380/220 (A) 220 (L)	15кв 380/220 (A)	±10
Бермудские острова	60±0.1	240/120 (K) 208/120 (A)	240/120 (K) 208/120 (A)	4.16/2.4 кв 240/120 (K) 208/120 (A)	±5
Боливия	50±1	230/115 (H)	230/115 (H)	230/115 (H) (3)	±5
Ботсвана	50	220 (L) (1)	380/220 (A)	380/220 (B) (3)	Нет данных
Бразилия	60	220 (L) (1) 127 (L) (1)	380/220 (A) 220/127 (A)	380/220 (A) 220/127 (A)	Нет данных
Болгария	50±0.1	380/220 (A) 220 (L)	380/220 (A) 220 (L)	20кв 15кв 380/220 (A)	±5
Бирма	50	230 (L) (1)	400/230 (A) 230 (L)	11кв 6.6 кв 400/230 (A)	Нет данных
Камбоджа	50	208/120 (A) 120 (L)	380/220 (A) 208/120 (A)	380/220 (B) (3) 208/120 (A)	Нет данных
Камерун (ФР)	50±2	200 (L) (1)	380/220 (A)	15кв 380/220 (A)	±5
Канада	60±0.02	240/120 (K)	600/347 (A) 480 (F) 240 (F) 240/120 (K) 208/120 (A) (G) 416/240 (A) (D)	12.5/7.2 кв 600/347 (A) 208/120 (A) 600 (F) 480 (F) 240 (F)	+4 -8,3

Страна	Частота и предел (Герц±%)	Бытовое напряжение тока (V) и проводка	Промышленное напряжение тока (V) и проводка	Промышленное напряжение тока (V) и проводка	Допустимое отклонение напряжения (±%)
Кайман Острова	60±0.01	240/120 (K)	240/120 (K) (G)	480/240 (G) 480/227 (A) 240/120 (G) 208/120 (A)	±10
Чад	50	200 (L) (1)	200 (L) (1)	380/220 (B) (3)	Нет данных
Чили	50	200 (L) (1)	380/220 (A) (1)	380/220 (B) (3)	Нет данных
Китайская Народная Республика	50	220 (L)	380/220 (A)	380/220 (A)	±10
Колумбия	60±1	240/120 (G) 120 (L)	240/120 (G) 120 (L)	13.2 кв 240/120 (G)	±10
Коста Рика	60	120 (L) (1)	240/120 (K)	240/120 (G) (3)	Нет данных
Кипр	50±2.5	240 (L) (1)	240 (L) (1)	11кв 415/240 (A)	±6
Чехия Республика	50±0.1	380/220 (A) 220 (L)	380/220 (A) 220 (L)	22кв 15кв 6кВ 3кв 380/220 (A)	±10
Дания	50±0.4	380/220 (A) 220 (L)	380/220 (A) 220 (L)	30кв 10кв 380/220 (A)	±10
Доминиканская Республика	60	110 (L) (1)	220/110 (K) (1) 110 (L) (1)	220/110 (G) (3)	Нет данных
Эквадор	60	127 (L) (1) 120 (L) (1) 110 (L)	240/120 (K) 208/120 (A) 220/127 (A) 220/110 (K)	240/120 (K) 208/120 (A) 220/127 (A) 220/110 (K)	Нет данных
Египет (АР)	50±1	380/220 (A) 220 (L)	380/220 (A) 220 (L)	11кв 6.6 кв 380/220 (A)	±10
Сальвадор	60±1	240/120 (K)	240/120 (K) (G)	14.4 кв 2.4 кв 240/120 (G)	±5

Эфиопия	50	220 (L) (1)	380/220(A)	380/220 (в) (3)	Нет данных
Фолклендские острова	50±3	230 (L) (1)	415/230 (A)	415/230 (а) (3)	±2.5
Острова Фиджи	50±1	415/240 (A) 240 (L)	415/240 (A) 240 (L)	11кв 415/240 (A)	Нет данных
Финляндия	50±0.1	240 (L) (1)	380/220	660/380 (A) 500 (B) 380/220 (A) (D)	±10
Франция	50±1	380/220 (A) 220 (L) 220/127 (E) 127 (L)	380/220 (A) 380/220 (D) 380 (B)	20кв 15кв 380 (B)	±10
Гамбия	50	230 (A) (1)	230 (A) (1)	400/230 (A) (3)	±5 (1)
Германия (Федеральная Республика или Западная Германия)	50±0.3	380/220 (A) 220 (L)	380/220 (A) 220 (L)	20кв 10кв 6кВ 380/220 (A)	±10
Германия (РДР или Восточная Германия)	50±0.3	380/220 (A) 220 (L) 220/127 (A) 127 (L)	380/220 (A) 220 (L)	10кв 6кВ 660/380 (A) 380/220 (A)	±5
Гана	50±5	250 (L) (1)	250 (L) (1)	440/250 (а) (3)	±10
Гибралтар	50±1	415/240 (A)	415/240 (A)	415/240 (а) (3)	±6
Греция	50±1	220 (L) (1)	6.6 кв 380/220 (A)	22кв 20кв 15кв 6.6 кв 380/220 (A)	±5
Гренада	50	230 (L) (1)	400/230 (A)	400/230 (A) (3)	Нет данных
Гвадалупа	50 & 60	220 (L) (1)	380/220 (A)	20кв 380/220 (A)	Нет данных

Страна	Частота и предел (Герц±%)	Бытовое напряжение тока (V) и проводка	Промышленное напряжение (V) и проводка	Промышленное напряжение тока (V) и проводка	Допустимое отклонение напряжения (±%)
Гуам	60±1	240/120 (K)	240/120 (K)	13.8 кв	+8
(Марианские Острова)	-0,08	208/120 (A) 240 (L) 120 (L)	208/120 (A)	4.0 кв 480/277 (A) 480 (D) 240/120 (H) 208/120 (A)	-10
Гватемала	60±1.7	240/120 (K)	240/120 (K)	13.8 кв 240/120 (G)	±10
Гаити	60	230 (L) (1) 220 (L) (1) 115 (L)	380/220 (A) 230/115 (K) 220 (L)	380/220 (A) 230/115 (G)	Нет данных
Гондурас	60	110 (L)	220/110 (K) 110 (L)	220/110 (K) (3)	Нет данных
Гонконг Конг (и Коулун)	50±2	346/200 (A) 200 (L)	11кв 346/200 (A) 200 (L)	11кв 346/200 (A)	±6
Венгрия	50±2	380/220 (A) 220 (L)	380/220 (A) 220 (L)	20кв 10кв 380/220 (A)	+5 -10
Исландия	50±0.1	380/220 (A) 220 (L)	380/220 (A) 220 (L)	380/220 (в) (3)	Нет данных
Индия (4) Мумбаи	50±1	440/250 (A) 230 (L)	440/250 (A) 230 (L)	11кв 440/250 (A)	±4
Индия-Нью Дели	50±3	400/230 (A) 230 (L)	400/230 (A) 230 (L)	11кв 400/230 (A)	±6
Индия – Рама кришна Перам	50±3 25 прямой	400/230 (A) 230 (L) 460/230 (P)	400/230 (A) 230 (L) 460/230 (P)	22кв & 11кв Нет данных Нет данных	±6
Индонезия	50+1	220/127 (A)	380/220 (A) 220/127 (A)	380/220 (в) (3)	±5

Иран	50±5	220 (L) (1)	380/220 (A)	20кв 11кв 400/231 (A) 380/220 (A)	±15
Ирак	50	220 (L) (1)	380/220 (A)	11кв	Нет данных
Ирландия, Северная	50±0.4	230 (L) 220 (L) (1)	400/230 (A) 380/220 (A)	400/230 (A) (3) 380/220 (A)	±6
Ирландия, Республика	50	220 (L) (1)	380/220 (A)	10кв 380/220 (A)	Нет данных
Израиль	50±0.2	400/230 (A) 230 (L)	400/230 (A) 230 (L)	22кв 12.6 кв 6.3 кв 400/230 (A)	±6
Италия	50±0.4	380/220 (A) 220/127 (E) 220 (L)	380/220 (A) 220/127 (E)	20кв 15кв 10кв 380/220 (A) 220 (C)	±5 (городской) ±10 (сельский)
Берег слоновой кости	50	220 (L) (1)	380/220 (A)	380/220 (B) (3)	Нет данных
Ямайка	50±1	220/110 (G)	220/110 (G) (K)	4/2.3 кв 220/110 (G)	±6
Япония, Восточная (4)	50±0.2 (5)	200/100 (K) 100 (L)	200/100 (K) 100 (L)	6.6 кв 200/100 (H) 200 (G) (J)	±10
Япония, Западная (Δ)	60±0.1 (5)	210/105 (K) 200/100 (K) 100 (L)	210/105 (H) (K) 200/100(к) 100 (L)	22кв 6.6 кв 210/105 (H) 200/100 (H)	±10
Иордания	50	380/220 (A) 220 (L)	380/220 (A)	380/220 (B) (3)	Нет данных
Кения	50	240 (L) (1)	415/240 (A)	415/240 (a) (3)	Нет данных
Корея	60	100 (L)	200/100 (K)	Нет данных	Нет данных

Страна	Частота и предел (Герц±%)	Бытовое напряжение тока (V) и проводка	Промышленное напряжение тока (V) и проводка	Промышленное напряжение тока (V) и проводка	Допустимое отклонение напряжения (±%)
Кувейт	50	240 (L) (1)	415/240 (A)	415/240 (a) (3)	Нет данных
Лаос	50±8	380/220 (A)	380/220 (A)	380/220 (в) (3)	±6
Ливан	50	220 (L) (1) 110 (L) (1)	380/220 (A) 220 (L) 190/110 (A) 110 (L)	380/220 (в) (3) 190/110 (A)	Нет данных
Лесото	50	220 (L) (1)	380/220 (L)	380/220 (L) (3)	Нет данных
Либерия	60±3.3	240/120 (K)	240/120 (K)	12.5/7.2 кв 416/240 (B) 240/120 (K) 208/120 (D)	±1.7
Ливия	50	230 (L) (1) 127 (L) (1)	400/230 (A) 220/127 (A) 230 (L)	400/230 (A) (3) 220/127 (A)	Нет данных
Люксембург	50±0.5	380/220 (A) 220 (L)	380/220 (A) 220 (L)	20кв 15кв	±5 до 10
Республика Мадагаскар	50±2	220 (L) (1) 127 (L) (1)	380/220 (A) 220/127 (A)	5кV 380/220 (A) 220/127 (A)	±3
Малави	50	230 (L) (1)	400/230 (A)	400/230 (A) (3)	Нет данных
Малайзия	50±1.0	240 (L) (1)	415/240 (A)	415/240 (a) (3)	+5 -10
Мали	50	220 (L) (1) 127 (L) (1)	380/220 (A) 220/127 (A) 220 (L) 127 (L)	380/220 (в) (3) 220/127 (A)	Нет данных
Мартиника	50	127 (L) (1)	220/127 (A) 127 (L)	220/127 (A) (3)	Нет данных
Маврикий	50±1.0	230 (L) (1)	400/230 (A)	400/230 (A) (3)	±6

Мексика	60±0.2	220/127 (A)	220/127 (A)	13.8 кв	±6
		220 (L)	220 (L)	13.2 кв	
		120 (M)	120 (M)	480/277 (A)	
				220/127 (B)	
Монако	50	380/220 (A)	380/220 (A)	380/220 (B) (3)	Нет данных
		220 (L)	220 (L)		
		220/127 (A)			
		127 (L)			
Монтсеррат	60	230 (L) (1)	400/230 (A)	400/230 (A) (3)	Нет данных
Мускат & Оман	50	240 (L) (1)	415/240 (A)	415/240 (a) (3)	Нет данных
			240 (L)		
Марокко	50	220/127 (A)	380/220 (A)	380/220 (B) (3)	Нет данных
		200/115 (A)			
Непал	50±1	220 (L) (1)	400/220 (A)	11кв	±10
			220 (L)	400/220 (A)	
Нидерланды	50±0.4	380/220 (A)	380/220 (A)	10кв	±6
		220 (E) (L)		3кв	
				380/220 (A)	
Нидерланды Антильские острова	50 & 60	220 (L) (1)	380/220 (A)	380/220 (B) (3)	Нет данных
		127 (L) (1)	230/115 (A)	230/115 (G)	
		120 (L) (1)	220/127 (A)	220/127 (A)	
		115 (L) (1)	208/120 (A)	208/120 (A)	
Новая Гвинея	50±2	240 (L) (1)	415/240 (A)	22кв	±5
			240 (L)	11кв	
				415/240 (A)	
Новая Зеландия	50±1.5	400/230 (A)	415/240 (A) (E)	11кв	±5
		(E)	400/230 (A) (E)	400/230 (A)	
		240 (L)	230 (L)	415/240 (A)	
				440 (N) (5)	
Никарагуа	60	240/120 (G)	240/120 (G) (K)	13.2 кв	Нет данных
				7.6 кв	
		(K)		240/120 (G)	

Страна	Частота и предел (Герц±%)	Бытовое напряжение тока (V) и проводка	Промышленное напряжение тока (V) и проводка	Промышленное напряжение тока (V) и проводка	Допустимое отклонение напряжения (±%)
Нигерия	50±1	230 (L) (1) 220 (L) (1)	400/230 (A) 380/220 (A)	15кв 11кв 400/230 (A) 380/220 (A)	±5
Нигер	50	220 (L) (1)	380/220 (A)	380/220 (A)	Нет данных
Норвегия	50±0.2	230 (B)	380/220 (A) 230 (B)	20кв 10кв 5кв 380/220 (A) 230 (B)	±10
Пакистан	50	230 (L) (1)	400/230 (A) 230 (L)	400/230 (A) (3)	Нет данных
Панама	60±0.17	240/120 (K)	480/277 (A) 240/120 (K)	12кв 480/277 (A) 208/120 (A)	±5
Парагвай	50	220 (L) (1)	440/220 (K) 380/220 (A)	440/220 (G) (3) 380/220 (A)	Нет данных
Перу	60	225 (B) (M)	225 (B) (M)	10кв 6кВ 225 (B)	Нет данных
Филиппины	60±0.16	220/110 (K)	13.8 кв 4.16 кв 2.4 кв 220/110 (H)	13.8 кв 4.16 кв 2.4 кв 220/110 (H)	±5
Польша	50	220 (L) (1)	380/220 (A)	15кв 6кВ 380/220 (A)	Нет данных
Португалия	50±5	380/220 (A) 220 (L)	15кв 5кв 380/220 (A) 220 (L)	15кв 5кв 380/220 (A) 220 (L)	±1

Пуэрто Рико	60±10	240/120 (L)	480 (F) 240/120 (L)	8.32 кВ 4.16 кВ 480 (F) 415/240 (а) (3)	±10
Катар	50	240 (L) (1)	415/240 (A) 240 (J)	415/240 (а) (3)	±6
Румыния	50±1	220 (L) (1)	380/220 (L)	20кВ 10кВ 6кВ 380/220 (A)	±5
Россия	50	380/220 (A) 220 (L) 220/127 (A) 127 (L)	380/220 (A) 220 (L)	380/220 (в) (3)	Нет данных
Руанда	50±1	220 (L) (1)	380/220 (A)	15кВ 6.6 кВ 380/220 (A)	±5
Сабах	50±0.5	240 (L) (1)	415/240 / (A)	415/240 (а) (3)	±6
Саудовская Аравия	60±0.5	220/127 (A) 127 (L)	380/220 (A) 220/127 (A) 127 (L)	380/220 (в) (3) 220/127 (A)	±5
Сенегал	50	127 (L) (1)	220/127 (A) 127 (L)	220/127 (A) (3)	Нет данных
Сьерра-Леоне	50	230 (L) (1)	400/230 (A) 230 (L)	11кВ 400/230 (A)	Нет данных
Сингапур	50±0.5	400/230 (A) 230 (L)	6.6 кВ 400/230 (A)	22кВ 6.6 кВ 400/230 (A)	±3
Сомали Республика	50	230 (L) 220 (L) 110 (L) (1)	440/220 (K) 220/110 (K) 230 (L)	440/220 (G) (3) 220/110 (G)	Нет данных

Страна	Частота и предел (Герц±%)	Бытовое напряжение тока (V) и проводка	Промышленное напряжение (V) и проводка	Промышленное напряжение тока (V) и проводка	Допустимое отклонение напряжения (±%)
Южная Африка	50±2.5	433/250 (a) (7)	11кв	11кв	±5
	25 (8)	400/230 (a) (7) 380/220 (A) 220 (L)	6.6 кв 3.3 кв 433/250 (a) (7) 400/230 (a) (7) 380/220 (A)	6.6 кв 3.3 кв 500 (B) 380/220 (A)	
Испания	50±3	380/220 (A) (E) 220/127 (A) 127 (L)	380/220 (A) 220/127 (A)	15кв 11кв 380/220 (A)	±7
Шри Ланка Цейлон	50±2	230 (L) (1)	400/230 (A) 230 (L)	11 кв 400/230 (A)	±6
Сент-Китс & Невис	60	230 (L) (1)	400/230 (A)	400/230 (A) (3)	Нет данных
Сент-Люсия	50	240 (L) (1)	400/230 (A)	11кв 415/240 (A)	Нет данных
Сент-Винсент	50	230 (L) (1)	400/230 (A)	3.3 кв 400/230 (A) (3)	Нет данных
Судан	50	240 (L) (1)	415/240 (A) 240 (L)	415/240 (a) (3)	Нет данных
Суринам	50 & 60	115 (L) 127 (L) (1)	230/115 (K) 220/127 (A) 220/110 (K)	230/115 (G) (3) 220/127 (A) 220/110 (G)	Нет данных
Эсватини	50±2.5	230 (L) (1)	400/230 (A) 230 (L)	11кв 400/230 (A)	±6
Швеция	50±0.2	380/220 (A) 220 (L)	380/220 (A) 220 (L)	20кв 10кв 6кВ 380/220 (A)	±10

Швейцария	50±0.5	380/220 (A) 220 (L)	380/220 (A) 220 (L)	16кВ 11кВ 6 кВ 380/220 (A)	±10
Сирия	50	220 (L) (1) 115 (L) (1)	380/220 (A) 220 (L) 200/115 (A) 115 (L)	380/220 (в) (3) 200/115 (A)	Нет данных
Тайвань (Формоза)	60±4	380/220 (A) 220 (L) 220/110 (K) 110 (L)	380/220 (A) 220 (L) 200/115 (A) 115 (L)	380/220 (в) (3) 200/115 (A)	Нет данных
Танзания	50	400/230 (A)	400/230 (A)	11кВ 400/230 (A)	Нет данных
Таиланд	50	220 (L) (1)	380/220 (A) 220 (L)	380/220 (в) (3)	Нет данных
Следующее Филиппины	60±5	240/120 (H) (K)	240/120 (H) (K) 240/120 (H)	20кВ 6.24 кВ 3.6 кВ 240/120 (H)	±5
Того	50	220 (L) (1)	380/220 (A)	20кВ 5.5 кВ 380/220 (A)	Нет данных
Тонга	50	415/240 (A) 240 (L) 110 (L)	415/240 (A) 240 (L) 110 (L)	11кВ 6.6 кВ 415/240 (A)	Нет данных
Тринидад & Тобаго	60±0.5	230/115 (K)	400/230 (A) 230/115 (G)	12кВ 400/230 (A)	±6
Тунис	50±2	380/220 (A) 220 (L)	380/220 (A) 220 (L)	15кВ 10кВ 380/220 (A)	±10

Страна	Частота и предел (Герц±%)	Бытовое напряжение тока (V) и проводка	Промышленное напряжение тока (V) и проводка	Промышленное напряжение тока (V) и проводка	Допустимое отклонение напряжения (±%)
Турция	50±2	220 (L) (1)	380/220 (A)	15кв 6.3 кв 380/220 (A)	±10
Уганда	50±0.01	240 (L) (1)	415/240 (A)	11кв 415/240 (A)	±4.5
Объединенные Арабские Эмираты Дубай	50±0.5	220 (L) (1)	380/220 (A) 220 (L)	6.6 кв 380/220 (A)	±2 до 3
Объединенные Арабские Эмираты Абу Даби	50	415/240 (A)	415/240 (A)	415/240 (a) (3)	Нет данных
Соединенное Королевство (исключая Северная Ирландию)	50±1	240 (L) (1)	415/240 (A)	22кв 11кв 6.6 кв 3.3 кв 415/240 (A)	±6
Уругвай	50±1	220 (B) (L)	220 (B) (L)	15кв 6кВ 220 (B)	±6
США (4) Шарлотта, СЕВЕРНАЯ КАРОЛИНА	60±0.06	240/120 (K) 208/120 (A)	480/265 (A) 240/120 (K) 208/120 (A)	14.4 кв 7.2 кв 2.4 кв 575 (F) 460 (F) 240 (F) 460/265 (A) 240/120 (K) 208/120 (A)	+5 -2,5
США Детройт, Мичиган	60±0.2	240/120 (K) 208/120 (A)	480 (F) 240/120 (H) 208/120 (A)	13.2 кв 4.8 кв 4.16 кв 480 (F) 240/120 (H) 208/120 (A)	+4

США Лос-Анджелес, Калифорния	60±0.2	240/120 (К)	4.8 кв 240/120 (G)	4.8 кв 240/120 (G)	±5
США Майами, Флорида	60±0.3	240/120 (К) 208/120 (A)	240/120 (К) 240/120 (H) 208/120 (A)	13.2 кв 2.4 кв 480/277 (A) 480 (F)	±5
США Нью-Йорк, НЙ	60	240/120 (К) 208/120 (A)	240/120 (К) 208/120 (A) 240 (F)	12.47 кв 4.16 кв 480/277 (A) 480 (F)	Нет данных
США Петербург, ПЕНСИЛЬВАНИЯ	60±0.03	240/120 (К)	480/265 (A) 240/120 (К) 208/120 (A) 460 (F) 230 (F)	13.2 кв 11.5 кв 2.4 кв 460/265 (A) 208/120 (A) 460 (F) 230 (F)	±5 (освещение) ±10 (мощность)
США Портленд, ИЛИ	60	240/120 (К)	480/277 (A) 240/120 (К) 208/120 (A) 480 (F) 240 (F)	19.9 кв 12 кв 7.2 кв 2.4 кв 480/277 (A) 208/120 (A) 480 (F) 240 (F)	Нет данных
США Сан Франциско, СА	60±0.08	240/120 (К)	480/277 (A) 240/120 (К)	20.8 кв 12 кв 4.16 кв 480/277 (A) 240/120 (G)	±5
США Толедо, Огайо	60±0.08	240/120 (К) 208/120 (A)	480/277 (C) 240/120 (H) 208/120 (K)	12.47 кв 7.2 кв 4.8 кв 4.16 кв 480 (F) 480/277 (A) 208/120 (A)	±5

Страна	Частота и предел (Герц±%)	Бытовое напряжение тока (V) и проводка	Промышленное напряжение (V) и проводка	Промышленное напряжение тока (V) и проводка	Допустимое отклонение напряжения (±%)
Венесуэла	60	240/120 (G) 208/120 (A)	240/120 (G) 208/120 (A)	13.8 кв 12.47 кв 4.8 кв 2.4 кв 240/120 (G) 208/120 (A)	Нет данных
Вьетнам	50±0.1	220 (L) (1) 120 (L) (1)	380/220 (A) 208/120 (A)	15кв 380/220 (A)	±10
Йемен (PHM)	50±1	250 (L) (1)	440/250 (A)	440/250 (a) (3)	±4
Югославия	50	380/220 (A) 220 (L)	220 (L)	10кв 6.6 кв 380/200 (A)	Нет данных
Заир, Республика	50	220 (L) (1)	380/220 (A)	380/220 (в) (3)	Нет данных
Зимбабве	50±2.5	225 (L) (1)	390/225 (A)	11кв 390/225 (A)	±6.6
Замбия	50±2.5	230 (L) (1)	400/230 (A)	400/230 (A) (3)	±3.75

Записи:

Питание в каждый дом обычно однофазное с использованием одной фазовой линии и нейтрали систем (A) или (G). Частоты ниже 50 Гц и источники постоянного тока ограничены. Предоставленные поставки указывают на разнообразие возможностей, которые могут существовать. Информация о поставках более высокого напряжения на фабрики отсутствует.

Более одной области страны было дано, чтобы проиллюстрировать существующие различия. Это могут быть не единственные доступные материалы. Частота составляет 50 Гц (восточная зона) и 60 Гц (западная зона). Разделительной линией является линия север-юг через Сидзуоку на острове Хонсю.

Некоторые участки питаются через систему заземления с одним проводом (SW ER) (см. Рисунок N). Только несколько городов имеют это предложение. Относится к изолированным горнодобывающим районам.

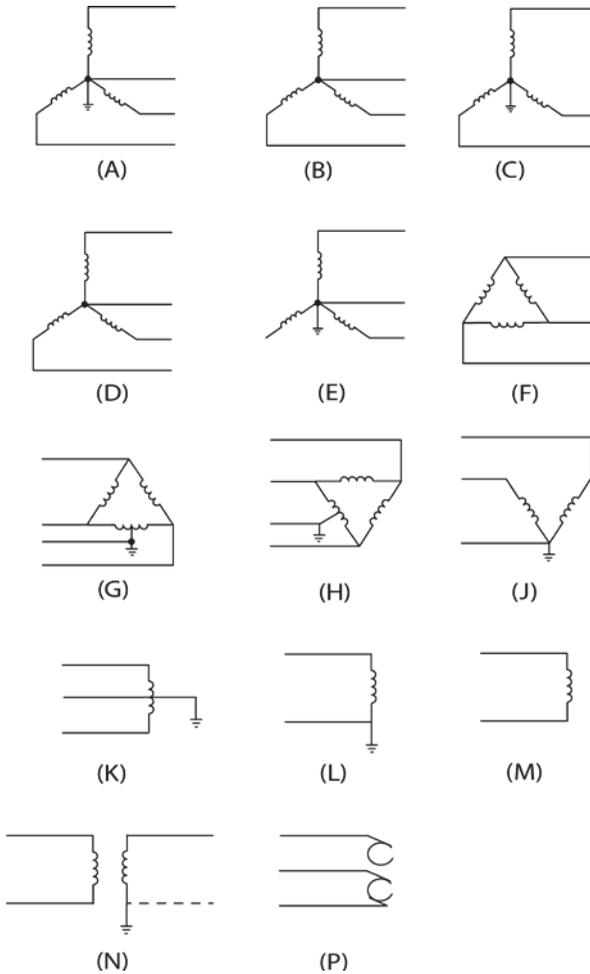


Рисунок А10.1

Источник: Энергоперегрузка и минимальный ток: Все о ВКЗЗ, ВЦДКЗ и аналогичных устройствах, Эрл В. Робертс (Reptec, 2004 г.)

Список литературы

371

- Х.В. Бити, и Д.Г. Финк, *Стандартное руководство для инженеров-электриков, 15-е издание, Нью-Йорк: McGraw-Hill, 2007 г.*
- Н. Добролюбов, *Методические Рекомендации: Изменение цвета кабеля*, Истборн, Великобритания: PLASA, 2005 г. Британский институт стандартов, *BS 7671: 2001-требования к электроустановкам*- Лондон: БИС, 2004 г.
- Британский институт стандартов, *BS 7909: 2011 - Свод практических правил для временных электрических систем для развлечений и смежных целей*, Лондон: БИС, 2011.
- Дж. Кадик, М. Капелли-Шелпреффер, Д. Нейтзель, и А. Винфилд, *Руководство по электробезопасности*, 4-е издание, McGraw Hill, 2012 г. Комитету по электробезопасности в Онтарио, *Заземление генераторов в индустрии*, Онтарио, Канада, 2013 г.
- Ассоциация развлекательных служб и технологий, *Американский национальный стандарт E1.19- 2009 г.: Рекомендованная практика использования выключателей короткого замыкания на землю класса А (BK33), предназначенных для защиты промышленного персонала развлечений*, Нью-Йорк ESTA, 2009 г.
- Т.П. Хьюз, *Сети электроэнергии: Электрификация в западном обществе, 1880–1930*, Балтимор, Мэриленд: Издательство Университет Джонса Хопкинса 1983 г.
- Международная ассоциация инспекторов энергонадзора, *Книга Соареса по заземлению и соединению*, 10-е изд, Ричардсон, Техас, 2008 г. Дж.Д. Ирвин и Д.В. Кирнс, *Введение в электротехнику* Прентис Холл, 1995 г.
- Дж. Джонс, *Эмпаирс оф лайт*, Нью-Йорк: компания "Random House", 2004 г.
- Б. Мак-Партленд, Дж. Мак-Партленд и Ф. Хартвелл, *Руководство "Национальные электротехнические нормы и правила" 2008 г.*, 26 издание, Нью-Йорк: Мак-Гроу Хилл, 2008 г.
- Н. Мобсби, *Practical Dimming*, Кембридж, Великобритания: ООО "Entertainment Technology Press", 2006 г.
- Национальная ассоциация пожарной безопасности, *НАПЗ 70: Национальные электротехнические нормы и правила Издание 2011 г.*, Куинси, Массачусетс 2010 г.
- Национальная ассоциация пожарной безопасности, *НАПЗ 70Е: Стандарт по электробезопасности на рабочем месте, издание 2012 г.*, Куинси, Массачусетс, 2011 г.

Отт, Х., и его соавторы *Интеграция электронного оборудования и питания в корпусах стоек*, Фэрфилд, Нью-Джерси: Корпорация "Middle Atlantic Products", 2010 г.

Э.В. Робертс, *Энергоперегрузка и минимальный ток: Все о ВКЗЗ, ВЦДКЗ и аналогичных устройствах*, Mystic, КТП: "Reptec", 2004 г.

С. Терри «Новые электроинструменты обеспечивают качество и эффективность», журнал, осень 2007 г.

Ван Бик, М., *Электробезопасность для живых событий*, Кембридж, Великобритания: ООО "Entertainment Technology Press", 2004 г.

Алфавитный указатель

373

- АС (переменный ток) 39-58
понимание 58-61
против постоянного тока
54-5, 91-2
Генератор переменного тока
44-8 переменного тока
алгоритм 89-91 сложные
последствия малого коэффициента
92-5
мощности 96-7 формула 95-6
базовые величины 30 мощность
батареи 126
батареи 127-8
опасности батареи 128
коммерческая перевозка лити-
евых батареи
129-30 опасность поражения
четыре провода плюс земля звезда
7 правильная утилизация 130
100-4,
111-13 фазовые углы 91
коэффициент мощности
95
коррекция коэффициента мощности
97-9
трехфазный 99-100 три этапа
расчетов
104-5 понимание 105-6 против
постоянного тока 91-2 ампер (амп)
30-1
Ампер, Андре-Мари 30 дуговой
разряд 141-2 вспышка дугового
электрическим током 129
первичные и вторичные батареи
126-206-7 комплексное
сопротивление
74-8 комплексная мощность 92-5
электропроводящие свойства 6
разъемов
15-амперные вилки 232
Австралийский 234-5
СЕЕ-форма
233
устройство
226-35
МЭК 233
НАПЭ 228-30
Трехфазная 230-2
Штепсельные соединители
стандарта СЕЕ
разряда 141-2
грань 144-5
Значение электродугового
термического воздействия (ЗЭТВ)
146
Айзек Азимов, 42 атом 2- 3
автоматический регулятор
напряжения (АРН) 119 среднее
значение 55-6
В
функции безопасности в Li-ion
батареи 128-9 ответвление цепей
222-5

- пробой 225-6
 Кодекс практики британских стандартов (BS) для временных электрических систем развлечений и связанные с ними цели 160
 Браун, Гарольд 54–5, "Broadway Green Alliance" Б.т.е. (Британская тепловая единица)
 CCam-Lok 217
 конденсаторы 63, 70-2 выключатели 178
 магнитный 180-1 рейтинги 178-9
 тепловой 179-80
 основы электросхемы 13-15
 Электроизмерительные клещи 30, 31
 цветовые коды 243-4
 переключатель компании 7/4 234
 однополюсный
 217-19 штырь
 228 этапа
 Целевой фонд управления контрактными услугами (ЦФУКУ) 145
 коэффициенты преобразования 255
 правило
 26-7
 тока 6-7 влияние 137
 Война токов 53–5
 ограничитель тока
 175–6
- D**
 Далзил, Чарльз 182–
 3 DC (постоянный ток) 11–18
 мощность основной гармоники 13–15
 19–21 понимание 21-3 против переменного тока 54–
 5, 91–2
 Министерства транспорта (МС) 129–30
 Системы диммирования 187–
 8 питающих трансформаторов для разряда/дуговой разряд 141–2 44–5
- влияние электрического тока 137
 линейных нагрузок 195–6
 трансформатор подавления гармоник 197–8 гармоническое подавление 199
 Трансформаторы К-отношения 196–
 7
 СИД 188-9
 регулятор фазы 189–92 обратный регулятор фазы 193-4 синусоида 194-5
 Коммутационные аппараты 191
 понимание 199-202
 распределительный трансформатор 110-11
 Езамыкания на Землю 14
 размыкатели цепи с защитой при утечке на землю (РЦЗУЗ)
 183 заземление См.
 зануление/заземление Эдисон, Томас 52, 53, 54, 173
 электрический шок 129, 133-7
 Границы безопасности
 143–4 Электрические нагрузки См.
 Электрические нагрузки
 133
 Вспышка дугового
 электробезопасность (продолжение)
 блокировка и опломбирование 138–
 41 средства индивидуальной защиты 145–8 понимание 148-9
 рабочей жизни 143 работает безопасно 138 электричество
 определение 1 итог 8
 теории 1–7 электромагнитизм 40-
 1 электроны 2
 электростатическое
- H**
 притяжение/
 отталкивание 3-6
 энергии 29, 34-5
 комплексная мощность 92–
 4
 сохранение 36

- переводные коэффициенты
257 записка по механическим
вопросам 35, 36, 259
Комитет по электробезопасности в
Онтарио (КЭО) 158
экспоненциальное представление 259
генератор, портативный
см. портативный генератор энергии
Гиббс Джон Диксон 52 замыкание на
Землю 14
электродный проводник 160–2
электрода для изолированного
заземления и технической
мощности 170
оборудование защитного проводника
163-5 контуры заземления 166–7
заземлены против заземления против
заземляющей перемычки
165 изолированное заземление 167–9
предельные перенапряжения
153-4
основной соединительной
перемычки
162-3 выводятся отдельно
с пониманием 170–2 заземления по
сравнению с уни-заземлением
против
мульти-заземление 165-6
нулевое напряжение 152-3
- F**
Закон индукции Фарадея 42-3
Фарады, Михаил 39, 41-2 ошибка 14
фидерный кабель 212-16
распределительные сети 222–5
Правило правой руки Флеминга 43–4
о протекании тока 6–7, 13–15, 43
формулы 251-3 частота 50
по всему миру 300-15 топлива
укладки
124 предохранители 174-5 полного
выпрямления
55 волны
- ограничение тока 175-6 низкое
напряжение/слабый ток, 176-8
ГГоллард, Люсьен 52
Хайц, д-р Роланд Хайц 187
законодательство 187
Гармонические смягчающие
трансформаторы (ГСТ) 197–8
системы подавления гармоник 199
гармоники 79
перепад 116-17 высокая ветвь
третьего порядка 80-3
Хаббелл, Харви 226, 227
международная система единиц (СИ)
30
Кодекс М3
(Международная защита) 245–7,
249
Дж Джоуль 34-5
- K**
К-фактор 196-7
- Кельвин, Лорд 54
однополюсные разъемы с ключом
(ОРК) 217
- L**
Сид (светоизлучающий диод) 187,
188-9
правило левой руки см.
правило правой руки
Флеминга Леонард, Норман 240
литий-ионные (Li-ion)
аккумуляторы 127
коммерческий транспорт 129-30
опасность поражения электрическим
током по магнетизму 39-40
Основная навесная
закоротка 162-3 метр а амперметр 31
средние показания измеритель
ного прибора 30-1, 33-4
использованию

- и обращению 129 Средства безопасности 128–9 литий-ионные полимерные батареи 127-8 нагрузка в 205-6 нагрузки емкостны й 70-1 индуктивный 67-70 нелинейные 78-9 резистивный 63-7 понимание 84-8 блокировка и опломбирование 138 ключ или комбинация 139 простой или сложный 138-9,140–1
- М**
магнитный выключатель 180-1 магнитная индукция 41-2 электросчётчик (продолжение) категории 31-3 международные стандарты 32 правильный электросчетчик среднеквадратичног о значения 30, 33–4, 56–8 вольтметр 31
Монск: Е.Н.В. 'Chipmonck' 239–40, 241
Дж.П. Морган 53
- N**
Национальная ассоциация пожарной безопасности (НАПЗ) 138 Показатели НАПЭ 248–9 Нулевой рабочий проводник 219–20 Ниагарский водопад проект 54 никель- металлгидрид (NiMH) батареи 127 никель-кадмиевые (Ni-Cad) батареи 127 нелинейные нагрузки 78-9
- О**
ом 34 Ом, Георг 34 Закон Ома 16-18, 133 обрыв цепи 14 Эрстед, Ханс Кристиан 40 Защита от энергоперегрузки 173 автоматические выключатели 178–81 ВК33 класса А 183–5 ограничение тока 175–6 предохранители 174-5 замыкания на землю прерыватели 182-3 низкого напряжения/малого тока Предохранители 176-8 устройства остаточного тока 181-2 отводы 176 понимание 185-6 ограничени е перенапря жений 153-4
- P**
паралл ельное сопрот ивлен и е 65-7 Пек, Чарльз Ф. 53 средства индиви дуально й защиты (СИЗ) 145-8 Одежда имеющая класс защиты от вспышки дуги 146 защита для глаз 147 защита для лица 147 средства индивидуальной защиты (СИЗ) (продолжение) защита для ног 148 защита для рук 146-7 шлем-каска 147 защита для слуха 147 фазовые углы 91 диммирование регулятора фазы 189-92 вперед 191-2, 193 обратный 193-4 портативные системы распределения электроэнергии 220-2 краткая история 239-42 портативный генератор мощности 119-23 характеристики генератора 123-4 контроль деятельности 125-6 деятельность и эксплуатационный ремонт 124-5 мощность 28-9 сбалансированные системы 169-70

- системы распределения электроэнергии 203
движение показа 205 перед включением 209 передовая практика, коды, правила 235–7 ответвлений или конечных цепей 222–5 точки ответвления и ступицы со спицами; крестовина 225–6 проектируют и показывают подготовительные 203–5 разъемы устройств 226–35 питательный кабель 212-16 загрузка/предварительная блокировка 205-6 мониторинг 209-11 нулевой рабочий проводник размеров 219– 20 портативное 220-2 разрешая падение напряжения тока 211–12 однополюсные разъемы 217–19 завязывание в 206-9 Межсистемная связь 217-18 источники питания батареи 126-30 переносные генераторы 119-26 однофазные трехпроводные заземленные медианы 118-19 однофазный двухпроводной заземленный конец фазы 117 трехфазная четырехпроводная дельта (высоколегкая дельта) 116–17 источники питания (продолжение) три фазы четыре провода плюс земля звезда 111-13 трехфазная трехпроводная Дельта 116 трансформаторы 107-11 понимание 130-2 устройства "PowerLock"
- R**
67 реактивное сопротивление устройства защитного отключения (УЗО) 181-2 сопротивление 14, 15, 27, 63-4
- последовательный/параллельный 65-7
64-5, 66-7
правило правой руки см.
правило правой руки Флеминга СЗ (среднеквадратичное значение) 51-2 расчет 261 значение 55-6 начало показа 239– 41 Джованни Доменико Романьози генератор вращающегося поля 40п 119
- S**
Экспоненциальное представление 35, 36, 259 последовательное сопротивление 64-5 короткое замыкание 14 Префикс Си 35-6 Сименс 34 переключатель кремниевого управляемого тиристора (КУТ) 191 сигнал синусоидальной формы 48–9, 51 диммирование 194–6 однофазная трехпроводная заземленная средняя точка 118-19 однофазный двухпроводной заземленный конец фазы 117 однополюсные разъемы 217–19 замедляющий эффект 124 ступица со спицами 225–6 стандарты 32, 138, 160 звездообразная конфигурация 100–4, 111– 13 обмотки статора 119 субатомные частицы 3 Суон, Джозеф 52 197-8

- Т
- маркировка См. блокировка и опломбирование ступеней 109-10, 176 терминология 25-36
 - Тесла, Никола 53, 89
 - тепловой выключатель 179-80
 - гармоник третьего порядка 80-3 трехфазный
 - четырёхпроводный Дельта 116-17
 - три фазы четыре провода плюс заземление или звезда 100-4, 111-13
 - трехфазная мощность 99-100 расчеты 104-5
 - трехфазные трехпроводные трансформаторы Дельта 116 107-9
 - питающие линии
 - распределительной сети 110-11 для нелинейных нагрузок 195-6
 - трансформаторы (продолжение)
 - подавление гармоник
 - К-отношение 196-7
 - Ступени 109-10 симистор "tripless" 84 двухполюсный генератор 119-20
- U
- Лаборатория по вопросам страхования или гарантированного размещения (ЛВСГР) 231-2
 - единицы измерения 30-5 полезные советы 35
- V (В)
- векторные шахматы 75-6 векторное суммирование
 - напряжение 113-15
 - напряжение тока 15-16, 26 разрешающее падение в 211-12 Во всем мире 300-15
- Вт
- водно-электрическая аналогия 12-13,70 ватт 35 ватт- час 34 ватт-секунда 34
 - сварочный кабель 241-2
 - Вестингауз, Джордж 52, 54, 55 выброс несгоревшего топлива в выхлопной коллектор 124 напряжение и частоты во всем мире 300-15
- Z
- нулевое напряжение 152-3