

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Аппаратное обеспечение компьютера

Учебник

ИЗДАТЕЛЬСТВО
FOLIANT

Нур-Султан
2019

УДК 004.4(075)
ББК 32.973.202 я73
А 76

Авторы:

Дур Кристиан, почетный учитель
Хаузер Бернхард Й., дипломированный инженер
Шульц Марк
Герд Зигмунд, профессор, доктор технических наук

Редактор оригинального издания

Хаузер Бернхард Й.

Рецензенты:

Сатаев Б. О. – кандидат технических наук
Цай Д. В. – преподаватель специальных дисциплин высшей категории КГУ «Карагандинский профессионально-технический колледж»
Файзрахманова Р. – преподаватель специальных дисциплин высшей категории КГУ «Карагандинский профессионально-технический колледж»

А 76 **Аппаратное обеспечение компьютера: Учебник / пер. с немецкого –**
Нур-Султан: Фолиант, 2019. – 320 с.

ISBN 978-601-338-379-8

В учебнике изложены принципы устройства, функционирования и эксплуатации основных узлов персонального компьютера, периферийных устройств, методы организации передачи и хранения информации.

Учены действующие нормы для терминов, обозначений и условных графических обозначений. Понятия описаны на словах и в рисунках таким образом, что их можно использовать для самостоятельного изучения. Прежде всего, это касается тем, которые невозможно раскрыть в таком объеме на лекции. В конце глав приведены упражнения для повторения и углубленного изучения материала.

Учебник предназначен для студентов учебных заведений технического и профессионального образования, обучающихся по специальностям 1305000 «Информационные системы (по областям применения)» и 1304000 «Вычислительная техника и программное обеспечение».

УДК 004.4(075)
ББК 32.973.202 я73

ISBN 978-601-338-379-8

© 2018 Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney
© Издательство «Фолиант», переводная, 2019

Предисловие

Развитие коммуникационных сетей не прекращается. Модернизация сетей происходит быстрее. Сети совершенствовались от аналоговой телефонной сети до мультиплексных сетей, а затем до современных высокоскоростных сетей передачи данных. Даже если бы сети долго существовали в форме телефонии, со временем все равно добавилась бы передача данных. В настоящий момент мы создали высокоэффективные сети передачи данных, которые, в том числе, предназначены для телефонии. Их основное предназначение полностью поменялось.

Граница между локальными и междугородними сетями размывается все больше.

Стекловолокно как новое проводящее средство частично заменило медные провода локальных и междугородних сетей. В качестве соединительного кабеля для последних метров от узлов сетей до конечного устройства еще используется медь. Количество мобильных устройств постоянно растет, благодаря чему на этом последнем отрезке медь все чаще заменяется беспроводным соединением.

В этой книге основы электротехники и электроники изложены настолько хорошо, что она может стать хорошей базой для более широкого изучения этих дисциплин. Это касается вычислительных машин и запоминающих устройств. Основы передающих сетей готовят к изучению крупных тематических областей «глобальные сети» и «локальные сети».

Концепция книги позволяет использовать ее для преподавания в профессиональном училище и как специальную информацию.

В этой книге учтены действующие нормы для терминов, обозначений и условных графических обозначений. Понятия описаны на словах и в рисунках таким образом, что их можно использовать для самостоятельного изучения. Прежде всего, это касается тем, которые невозможно раскрыть в таком объеме на лекции. В конце глав приведены упражнения для повторения и углубленного изучения материала. Ответы на эти упражнения доступны онлайн. Их можно скачать на домашней странице издательства www.europa-lehrmittel.de.

Авторы и издательство будут благодарны всем читателям этого учебника за отзывы и пожелания, которые помогут усовершенствовать и скорректировать эту книгу. Вы можете написать нам по адресу lektorat@europa-lehrmittel.de

Лето, 2018 год

Авторы

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3	1.4.2	Элементы приемного устройства.....	37
1 Основы.....	9	1.4.3	Элементы эмиттера	38
1.1 Передача информации и энергообеспечение	9	1.5 Установка электрооборудования	40	
1.2 Электрическая цепь	12	1.5.1	Производство и распределение электрической энергии	40
1.2.1 Электрические величины	13	1.5.2	Техническая документация для монтажа электрооборудования	41
1.2.2 Закон Ома	15	1.5.3	Меры безопасности.....	43
1.2.3 Работа, мощность и коэффициент полезного действия.....	16	1.5.4	Измерение линии и предохранителей.....	46
1.2.4 Последовательное соединение	16	1.5.5	Оценка мер безопасности	47
1.2.5 Реальный источник напряжения.....	17	1.5.6	Проект: энергоснабжение для 24 ПК	48
1.2.6 Параллельное подключение	18	2 Цифровая техника.....	49	
1.2.7 Потенциометр и мостовая цепь.....	19	2.1 Введение в цифровую технику ..	49	
1.2.8 Корректировка	20	2.2 Соединительные элементы ..	49	
1.2.9 Передача напряжения, сила тока и величина сопротивления	21	2.2.1 Элемент AND	50	
1.2.10 Дифференциальная схема.....	22	2.2.2 Элемент OR.....	51	
1.2.11 Обеспечение рабочим напряжением	23	2.2.3 Элемент NOT.....	52	
1.2.12 Постоянное напряжение, переменное напряжение и смешанное напряжение	24	2.2.4 Элемент NAND (NOT-AND).....	53	
1.2.13 Синусоидальное и несинусоидальное напряжение	24	2.2.5 Элемент NOR (NOT-OR).....	53	
1.3 Элементы для обработки сигнала	25	2.3 Булева алгебра	55	
1.3.1 Конденсатор.....	25	2.3.1 Правила вычислений	55	
1.3.2 Катушка	29	2.3.2 Закон де Моргана	56	
1.3.3 Фильтр нижних частот, фильтр верхних частот и полосовой фильтр	31	2.3.3 Примеры использования	57	
1.3.4 Резонансные контуры	32	2.4 Числовые системы	58	
1.3.5 Полосовой фильтр	33	2.4.1 Десятичная система.....	58	
1.3.6 Транзистор	34	2.4.2 Двоичная система	59	
1.3.7 Операционный усилитель.....	35	2.4.3 Восьмеричная и шестнадцатеричная системы ..	59	
1.4 Оптоэлектроника	37	2.4.4 Преобразование десятичных чисел в двоичные	60	
1.4.1 Общие положения оптоэлектроники.....	37	2.4.5 Вычисления с двоичными числами.....	61	
		2.5 Двоичный код	62	
		2.5.1 Двоично-десятичный код	62	

2.5.2	Взвешенный код	62	2.12.1	Последовательное сложение ...	92
2.5.3	Невзвешенный код	62	2.12.2	Последовательное вычитание ..	93
2.5.4	Код с обнаружением ошибок....	63	2.12.3	Последовательное умножение...95	
			2.12.4	Параллельное сложение	96
2.6	Основные логические схемы ...64		2.13	Цифро-аналоговые преобразователи	97
2.6.1	Суммирующее устройство	64	2.13.1	Цифро-аналоговый преобразователь со ступенчатым резистором	97
2.6.2	Арифметическо-логическое устройство (АЛУ)	66	2.13.2	Цифро-аналоговый преобразователь с резистором лестничным R2R-сетью.....	98
2.6.3	Элемент равнозначности	67			
2.6.4	Псевдотетрадное устройство распознавания	67	2.14	Аналого-цифровые преобразователи	100
2.6.5	Цифровой компаратор	68	2.14.1	Аналого-цифровой преобразователь с резистивной схемой	100
2.6.6	Контроллер шины, трехуровневый контроллер	69	2.14.2	Аналого-цифровой преобразователь с единичными приближениями	101
2.7	Кодирующее устройство 70		2.14.3	Аналого-цифровой преобразователь с последовательными приближениями	102
2.7.1	Кодировка десятичное – BCD (8421)	70	2.14.4	Аналого-цифровой преобразователь с параллельными приближениями	103
2.7.2	Кодировка BCD (8421) – десятичное.....	71	2.14.5	Аналого-цифровой преобразователь с дельта-модуляцией	103
2.7.3	Бинарная кодировка Грея.....	72	2.15	Полупроводниковые запоминающие устройства	104
2.8	Мультиплексор, демультиплексор73		2.15.1	Постоянное запоминающее устройство.....	104
2.8.1	Мультиплексор	74	2.15.2	Запоминающее устройство с оперативной записью и считыванием.....	105
2.8.2	Демультиплексор.....	74	2.16	Компьютерная архитектура ... 106	
2.9	Двустабильные элементы, триггеры 75		2.16.1	Компьютерная архитектура фон-Неймана	106
2.9.1	RS-триггер.....	75	2.16.2	Гарвардская архитектура	106
2.9.2	D-триггер.....	77	2.16.3	Архитектура микроконтроллера. 106	
2.9.3	Синхронные триггеры	78	3	Персональный компьютер ...108	
2.9.4	Преобразование триггеров.....	79	3.1	Общие положения	108
2.9.5	Триггер с двойной памятью (MS-триггер).....	80	3.1.1	Возможности сетевого взаимодействия.....	108
2.9.6	Преобразователь кода	81			
2.10	Счетчики	82			
2.10.1	Асинхронный счетчик	82			
2.10.2	Синхронный счетчик.....	84			
2.10.3	Интегрированные счетчики.....	85			
2.11	Регистры87				
2.11.1	Сдвигающий регистр.....	87			
2.11.2	Преобразователь параллельного кода в последовательный.....	89			
2.11.3	Последовательно-параллельный преобразователь	90			
2.11.4	Скремблер, дескремблер.....	90			
2.11.5	Буферная защелка.....	92			
2.12	Вычислительные устройства ..92				

3.1.2	Схема персонального компьютера.....	109	4.2.2	Оптоволоконный кабель (волоконно-оптический кабель)...	146
3.2	Формы корпуса компьютера	110	4.2.3	Структура кабельной сети	149
3.2.1	Стационарные устройства.....	110	4.2.4	Основные величины линии.....	151
3.2.2	Мобильные устройства.....	110	4.2.5	Демпфирование на линиях.....	162
3.3	Схема персонального компьютера	111	4.2.6	Уровень	165
3.3.1	Микропроцессор (CPU).....	111	4.2.7	Нарушения передачи	168
3.3.2	Материнская плата (Motherboard, Mainboard)	112	4.3	Уплотнение линий связи	174
3.3.3	Параметры	113	4.3.1	Методы для уплотнения	174
3.3.4	Чипсет.....	114	4.3.2	Методы модуляции.....	176
3.3.5	Оперативная память	115	4.3.3	Виды модуляции при синусоидальных колебаниях.....	177
3.3.6	Внутренние системы шин.....	117	4.3.4	Виды модуляции при последовательности импульсов.....	181
3.4	Ввод и вывод	118	4.3.5	Частотный метод мультиплексирования	182
3.4.1	Клавиатура.....	118	4.3.6	Длинноволновой метод мультиплексирования WDM	185
3.4.2	Мышь.....	119	4.3.7	Цифровой метод модуляции с синусоидальным носителем...	186
3.4.3	Сенсорная панель	119	4.3.8	Цифровой абонентский вывод ADSL	187
3.4.4	TrackPoint.....	119	4.3.9	Метод временного мультиплексирования PCM ...	189
3.4.5	Интерфейсы периферийных устройств.....	120	4.3.10	Технология измерений на основе PCM	196
3.4.6	Графические карты.....	122	4.4	Передача данных в синхронной цифровой иерархии SDH	203
3.4.7	Монитор	123	4.5.	Передача данных в асинхронном режиме передачи ATM	206
3.4.8	Возможности коммуникации ввода-вывода.....	124	4.5.1	Интегрированная сеть передачи данных.....	206
3.5	Запоминающие устройства большой емкости	124	4.5.2	Асинхронный режим передачи ATM	208
3.5.1	Жесткие диски	124	4.5.3	Многоуровневая модель на основе асинхронного режима передачи ATM	212
3.5.2	Разбиение и форматирование...	125	4.6	Передача данных посредством интернет-протокола IP	217
3.5.3	Подключение жесткого диска .	128	4.6.1	Эталонная сетевая модель OSI и ее протоколы	217
3.5.4	RAID-системы	129	4.6.2	Эталонная сетевая модель TCP/IP и OSI	217
3.5.5	Оптические системы записи...	131	4.6.3	Транспортный протокол TCP...	218
4	Сети электропередачи	133			
4.1	Техника связи	134			
4.1.1	Основы информационных технологий	134			
4.1.2	Способы передачи.....	135			
4.1.3	Каналы передачи.....	136			
4.1.4	Типы сигналов	136			
4.1.5	Электроакустика	137			
4.2	Передача сигнала по проводам	143			
4.2.1	Кабель передач с медными жилами	143			

4.6.4	Заголовок сегмента TCP (L4).....	219	6	Локальные сети	296
4.6.5	Интернет	220	6.1	Основы локальных сетей ...	296
4.6.6.	Заголовок IP-протокола.....	221	6.2	Топология сети	297
4.6.7	IP-адреса	222	6.2.1	Шина	297
4.6.8.	Система доменных имен (DNS)	222	6.2.2	Звезда	298
5	Глобальные сети	223	6.2.3	Кольцо	298
5.1.	Введение	223	6.2.4.	Ячейка	298
5.2	Сеть передачи	224	6.2.5.	Линия	298
5.2.1	Технология MPLS	224	6.2.6.	Сотовая топология	298
5.2.2	Программно-конфигурируемые сети.....	225	6.2.7	Смешанные топологии	299
5.2.3	Центр обработки данных	236	6.2.8	Расширенная звезда	299
5.3.	Сети следующего поколения – NGN	241	6.2.9	Логическая и физическая топология	299
5.3.1.	Основы	241	6.3	Структурированное кабельное соединение	300
5.3.2	IP Multimedia Subsystem IMS.....	248	6.4.	Модели уровней	300
5.3.3.	Передача информации в режиме реального времени через NGN.....	252	6.4.1	Модель ISO/OSI	300
5.3.4	Управление соединением с помощью протокола SIP (Session Initiation Protocol)	259	6.4.2	Уровни модели OSI	302
5.3.5	Архитектура общедоступных сетей	275	6.4.3	Модель DoD или TCP/IP	303
5.4	Архитектура сети WAN	278	6.5.	Средства передачи	303
5.5	TeraStream	279	6.5.1.	Коаксиальный кабель	303
5.6	Сети доступа (Access)	280	6.5.2	Витая пара	303
5.6.1	Asymmetrical Digital Subscriber Line ADSL.....	281	6.5.3	Классы и категории сетей	304
5.6.2	Very high bit rate Digital Subscriber Line VDSL.....	281	6.5.4	Волоконно-оптический кабель.....	305
5.6.3	Векторизация	282	6.6.	Ethernet	307
5.6.4	Объединение	283	6.7	Сопряжения сети	308
5.6.5	Широкополосные кабельные соединения	285	6.7.1	Ретранслятор и концентратор	308
5.6.6	LTE-соединение	286	6.7.2	Мост и коммутатор	308
5.6.7	Оптические системы доступа	287	6.7.3	Маршрутизатор	309
5.6.8.	Multi-Service Access Node – MSAN	288	6.8	Беспроводные сети	309
5.6.9	Частные сети (ATC)	290	6.8.1	Wi-Fi	309
			6.8.2	Bluetooth	310
			6.8.3	Li-Fi – новый стандарт?	310
			6.9	Сетевое хранилище	311
			6.9.1.	Network Attached Storage – NAS	311
			6.9.2.	Storage Area Network – SAN.....	311
			Глоссарий		312

1.1 Передача информации и энергообеспечение

«Телефония (телефонная связь) – это искусство разговаривать на расстоянии с помощью электричества. Это искусство близко электрической телеграфии. Телеграфия предназначена для больших расстояний, то есть международной связи, а телефония используется для связи на небольшом расстоянии...» – так сказано в «Настольной книге по электричеству» 1900 года. И сегодня речь идет об обмене информацией между вовлеченными участниками общения посредством всемирной сети междугородней связи. Для этого пользователи получают право доступа. Они оплачивают коммуникационно-технические услуги согласно установленным в договоре тарифам. Кроме того, пользователь оплачивает свою долю в необходимом обеспечении электроэнергией.

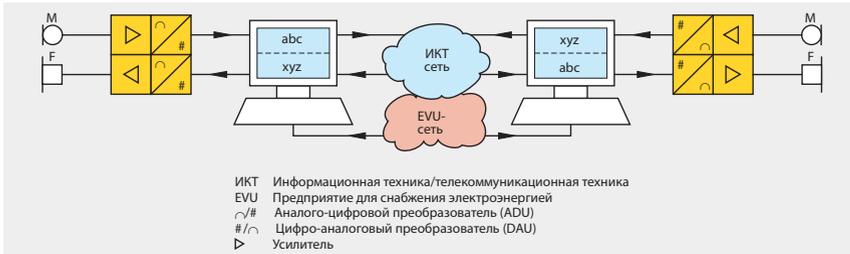


Рис. 1: Мультимедийный информационный обмен посредством ИКТ-сетей

На рис. 1 телекоммуникационная техника объединена с информационной техникой при использовании **NetMeeting**. Два мультимедийных компьютера одновременно участвуют в создании диалога и передаче данных. Вы вербально обмениваетесь информацией с помощью **гарнитуры** (микрофон М и наушники F) и параллельно для этого одновременно используются клавиатура и экран для создания текста.

Сигналы для ввода данных с помощью клавиатуры и сигналы для вывода данных на экран создаются как цифровые последовательности 1–0 и соединяются. Одновременно местный сигнал с экрана передается удаленному участнику общения и у него возникает в виде диалога в окне изображения.

Микрофон из акустических речевых сигналов создает электрические величины напряжения, значение и частота которых соответствуют переданной речи. Они кодируются посредством аналого-цифрового преобразователя как последовательность 1–0 и передаются в цифровом виде. Напротив, из поступающей последовательности 1–0 снова возникает аналоговый электрический сигнал, который становится понятен участнику диалога благодаря преобразующему процессу в наушниках.

Все устройства в этом коммуникационном процессе обеспечиваются электрической энергией. ИКТ-устройства и оборудование используют для этого постоянное напряжение и постоянный ток. Все оборудование у клиента должно быть профессиональным. Следует исключить опасности с помощью защитных устройств (**VDE 0100**). Между домашней питающей сетью и коммуникационными сетями может возникнуть нежелательное взаимодействие. Поэтому необходимо соблюдать требования, представляемые к электромагнитной совместимости (**Закон об электромагнитной совместимости**). Поэтому очень важны профессии, связанные с электричеством, с квалификацией профессионального электрика. Типичными задачами обучения и работы специалистов, работающих с ИКТ-сетями, являются тщательная прокладка, обслуживание и изменение широкополосных локальных сетей и беспроводных компьютерных сетей вместе с энергетическими сетями, чтобы не возникали нежелательные помехи или прослушивание.

■ Задание:

Опишите (рис. 1) другие возможности использования (Apps) информационных и телекоммуникационных технологий.

Актуальные информационные и телекоммуникационные технологии (**IT + ТК → ИТК-сферы**) являются техническим ядром сектора услуг. С их помощью наше общество должно стать информационным и **просвещенным**. Прежде всего, это касается электротехники: в 1840 году телеграфия использовалась для передачи информации благодаря закодированному во времени включению и выключению электрической цепи для дальней связи, первые электротехнические специальности возникли для осуществления **техники электросвязи**. Не удивительно, что для описания этой растущей отрасли существуют постоянно дополняющиеся друг друга понятия, например, техника связи, техника коммутации, коммуникационные системы и сети, коммуникационная техника и техника безопасности, информационные и телекоммуникационные технологии.

Под техникой связи подразумевается коммуникация между людьми или коммуникация человек – машина. Под информационными технологиями понимается коммуникация между машинами или коммуникация машина–человек.

Телефон с передачей речевого сигнала на основе аналоговой полосы основных частот является классическим конечным устройством для осуществления техники дальней связи. Данные можно передать как кодированную последовательность звуков на основе полосы основных частот от 300 до 3400 Гц. Современные технологии на основе использования модема позволяют осуществлять скорость передачи данных до 56 кбит/с по аналоговому интерфейсу абонентской линии. Все остальные уровни сетей в Германии с 1996 года полностью преобразованы в цифровую форму. И с 2002 года существует больше участников мобильной связи, чем стационарных телефонных сетей. ИКТ-сети модернизировались дальше до интегрированных IP-сетей (**IP: Internet Protocol**).

Благодаря **обзору** на рис. 1 можно структурировать сферы использования **ИКТ-сетей** посредством содержания **ИКТ-сетей (контент)**. В связи с тем, что любое содержание в сети преобразовано в цифровую форму, для **ИКТ-сетевого процесса** (переключение, трассировка) важны зависимость количества данных от цели и времени. С точки зрения пользователя свойства **ИКТ-системы** (терминал) определяют возможности телекоммуникации.

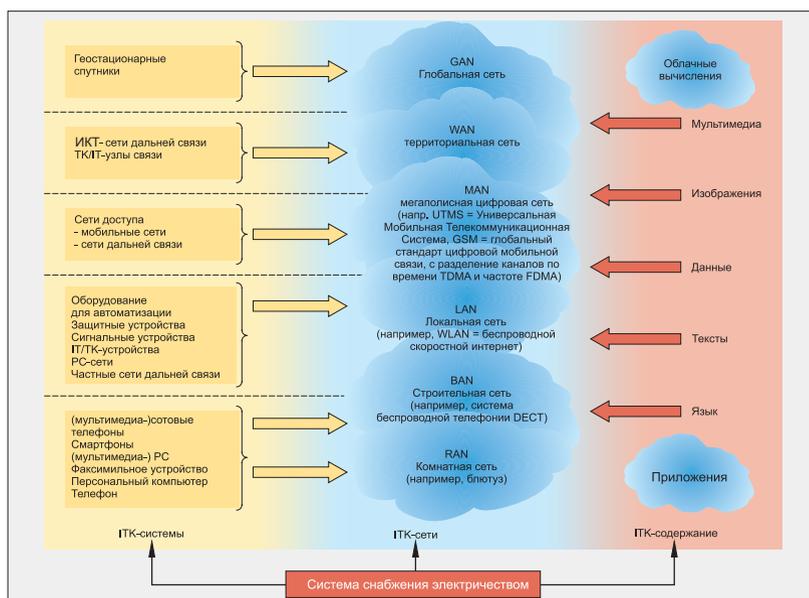


Рис. 1: Системы, сетевые процессы и содержание информационных и телекоммуникационных технологий (обзорная схема)

Однако: **без электрического энергообеспечения ничего не функционирует.** Даже проводной стандартный телефон с дистанционным электропитанием из узла связи. Ничего не получится, если сотовый телефон сигналит о разряженном состоянии аккумулятора. Многие конечные устройства можно использовать только с аккумулятором. Другим устройствам (совершенно определенным) необходим внешний **сетевой адаптер** (блок питания).

Примечательно, как много внешних сетевых адаптеров используется в обычном домашнем хозяйстве. Посчитайте как-нибудь... и запишите потребность в мощности...

А если происходит ошибка и рядом находится соединительный провод? Корпусы блоков питания с постоянными параметрами выполнены из пластмассы и для надежности сварены. Таким образом, необходим запасной блок. Поищите его в интернете.... Или клиент очень торопится? В таком случае, чтобы долго не ожидать поставку, необходимо использовать соответствующий **универсальный блок питания** с настраиваемым исходным напряжением (рисунки 1, 3, 5).

Исходя из условных графических обозначений для настраиваемого блока питания (рис. 1) важны возможные входные и выходные параметры. Так, сетевое напряжение может колебаться от 230 В ±10%. **Ментальная карта** (рис. 2) помогает при планировании работы. **Паспортная табличка** (рис. 3) является документом о свойствах блока питания. При этом важны указания об **электробезопасности** и **области применения**.

Информация о свойствах **системы устройства** содержится в спецификации. В этом случае интерес представляют свойства при колебании напряжения сети и изменении нагрузки.

Наконец, к документации устройства должна прилагаться схема подключения (рис. 5) для того, чтобы в случае ошибки можно было провести измерения в нужном месте. Если ничего не помогает: разделяемая утилизация подразумевает сбор электронных отходов в специально отведенных местах.

Рабочее задание: Ознакомьтесь со свойствами доступного блока питания. Объясните все данные в паспортной табличке. Если возможно, измерьте потребляемую мощность при холостом режиме и нагрузке. Оцените, какие энергосберегающие величины встречаются в вышеуказанном домашнем хозяйстве. Внесите предложения по улучшению энергосбережения блоков питания. Поищите в Интернете подходящие продукты с лучшим коэффициентом полезного действия.

Примечание: существуют импульсные блоки питания в форме штекеров с коэффициентом полезного действия более 75%.

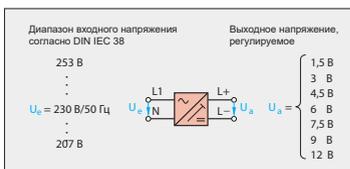


Рис. 1: Условные графические обозначения настраиваемого блока питания



Рис. 2: Ментальная карта для испытания устройства



Рис. 3: Паспортная табличка блока питания



Рис. 4: Системные свойства блока питания

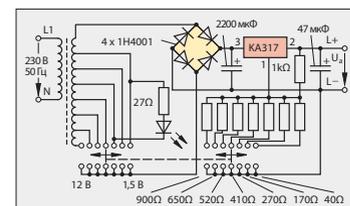


Рис. 5: Схема подключения блока питания (к рис. 3)

1.2 Электрическая цепь

Без электрической энергии невозможна передача информации!

Все методы создания электрической энергии объединяет то, что речь идет о превращении одной формы энергии в электрическую энергию:

– **Химической энергии** в электрическую энергию в **аккумуляторах** для мелких потребителей, напр. наручные часы, ноутбук, мобильный телефон.

– **Энергии света** в электрическую энергию в **солнечных батареях**, напр. карманный калькулятор.

– **Энергии ветра** в электрическую энергию в **ветрогенераторах**.

– **Тепловой энергии** в электрическую энергию на **теплоэлектростанциях**, напр. электростанции на угольном топливе, нефти, газе и атомные электростанции.

Созданная на атомных электростанциях электрическая энергия через крупную распределительную сеть передается потребителям. В зависимости от величины электрического напряжения, посредством которого транспортируется энергия, различают:

- Междугородние кабельные линии с максимальным напряжением от 400 до 230 кВ (киловольт)
- Междугородние кабельные линии с высоким напряжением 110 кВ
- Местные линии связи со средним напряжением от 20 до 10 кВ
- Пользовательские подводящие провода с низким напряжением 400/230 В

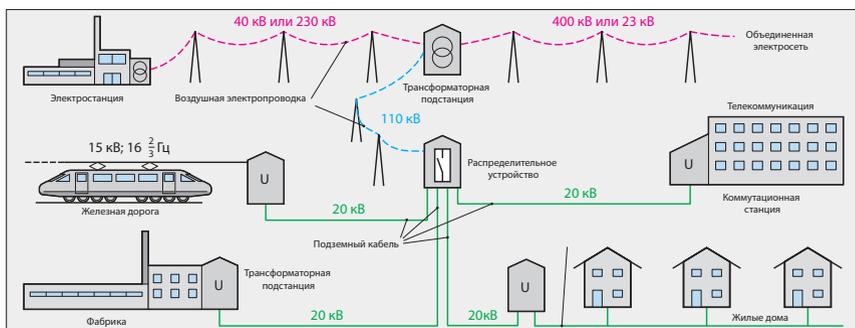


Рис. 1: Схематическое изображение электропитания (U: трансформатор, преобразователь тока)

На **трансформаторных подстанциях** напряжение трансформируется в необходимые величины. В связи с тем, что это возможно только при переменном **напряжении**, **этот вид** напряжения почти везде используется в Германии с частотой $f = 50$ Гц (герц, колебаний в секунду). Исключением являются, например, передача постоянного тока с высоким напряжением для передачи очень больших мощностей на большие расстояния, составляющих 1500 кВ (напр. объединенные электросети Западной и Восточной Европы), междугородняя телефонная линия с постоянным напряжением 48/60 В и тяговый режим железной дороги Германии с переменным напряжением 15 кВ с частотой $f = 16 \frac{2}{3}$ Гц.

Принцип прокладки электрических проводов в **сети с низким напряжением** (напр. для жилых домов) показан на рис. 2. Провода L1, L2 и L3 взаимно проводят напряжение 400 В в отличие от совместного нейтрального **провода с напряжением 230 В**. Подключение

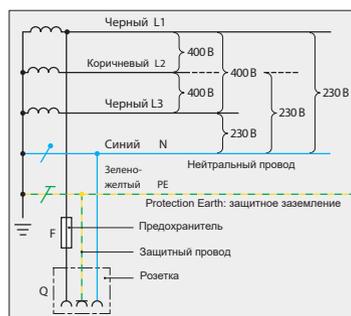


Рисунок 2: Энергоснабжение в сети с низким напряжением