

Конрад В.

**Электротехника кратко и
наглядно**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 621.3
ББК 31.352
К64

К64 **Конрад В.**
Электротехника кратко и наглядно / Конрад В. – М.: Книга по Требованию, 2026. – 208 с.

ISBN 978-5-8854-2822-4

«Электротехника кратко и наглядно» — компактное учебно-практическое пособие, переведённое с немецкого языка, которое объясняет основы электротехники простым языком и через наглядные схемы и примеры. Книга помогает быстро разобраться в ключевых понятиях (цепи, ток и напряжение, сопротивление, мощность, переменный ток, элементы и узлы), научиться читать простые схемы и понимать логику работы типовых электрических устройств. Подходит как “входной” учебник и справочник для тех, кому нужна понятная база без лишней математики.

ISBN 978-5-8854-2822-4

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2026

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2026

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

ВВЕДЕНИЕ

В книге делается попытка рассказать читателю о значении электротехники. Повсюду нас окружают электрические устройства, на каждом шагу мы встречаемся с действием электричества. Миллионы двигателей в промышленности, в средствах сообщения и в домашнем быту вращаются с помощью электричества. Оно освещает жилище человека, предприятия и улицы, а также необходимо для производства разнообразной продукции. Ему обязаны мы наличием службы связи, электронно-счетных машин и тысяч других приборов, с помощью которых мы управляем, измеряем и регулируем. Без электричества мы не имели бы космонавтики, медицинской электроники и даже пылесосов.

Многие народы строят социализм или освобождаются от колониальной эксплуатации. Для них особенно важным является вывод В. И. Ленина: "Коммунизм — это есть советская власть плюс электрификация всей страны".

Если электротехника еще менее десятилетия назад была делом отдельных специалистов, то сегодня едва ли найдется профессия, рабочее место, где бы мы с ней не встретились. Поэтому-то так необходимо знать ее основы.

Эта книга задумана как путеводитель. Здесь предпринята попытка изложить читателю основы знаний, которые необходимы для понимания электротехники. В книге показано, как могут применяться различные физические закономерности, и заложен фундамент, на основе которого читатель затем сможет расширить свои познания.

Что такое электрический ток?

Когда были построены первые электрические аппараты и машины, о сущности электричества имели еще очень смутное представление. Никто не знал, что такое собственно электрический ток. И лишь в конце XIX в. наука ответила на этот вопрос: электрический ток есть совместное перемещение носителей зарядов — мельчайших электрически заряженных частиц.

Носителями зарядов в электротехнике являются большей частью электроны, подобные электронам на "оболочке" каждого атома. В жидкостях и газах в качестве носителей зарядов при известных обстоятельствах выступают также атомы или группы атомов. Называются они *ионами*.

Перемещающиеся в проводнике электроны производятся не "электронным генератором". Такого нет. Они содержатся в самом проводнике. Атомы вещества, из которого состоит проводник, поставляют электроны, которые могут свободно двигаться между атомами. Если они перемещаются в одном направлении, то по проводнику течет ток.

Свободно движущиеся в металле электроны, следовательно, "транспортируют" электричество. Поэтому их называют *электронами проводимости*. Металлы хорошо проводят электрический ток, так как у них имеется достаточно электронов проводимости. Материалы, у которых имеется много легко подвижных носителей зарядов, называют *проводниками*.

В материалах, у которых нет совсем или очень мало электронов проводимости, не может возникнуть значительный

ток. Такие материалы называют *диэлектриками* (изоляторами). Для электротехники они не менее важны, чем проводники.

Промежуточный широкий класс веществ составляют *полупроводники*, которые в последнее время находят все большее применение. Это материалы, которые проводят электрический ток хуже, чем проводники, но лучше, чем диэлектрики. Но не это в них главное. Прохождение тока через полупроводник осуществляется по совсем особым физическим законам.

В проводнике возникает постоянный ток, если электроны проводимости могут совершать круговую циркуляцию.

Представим себе проволочное кольцо, в котором протекает ток. В кольце равномерно движутся электроны проводимости. Их число существенно не меняется. Если мы выделим отрезок проволочного кольца, то установим, что в нем находится постоянно равное количество электронов проводимости.

Устройство, в котором электроны могут совершать постоянную круговую циркуляцию, назовем *круговым контуром* или электрической цепью (рис. 1). Это важнейшее понятие электротехники. При изготовлении любого электрического аппарата используется круговой контур.

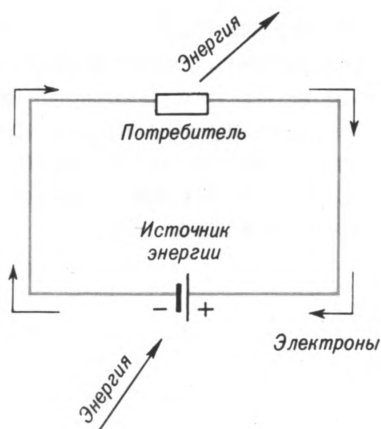


Рис. 1. Контур тока

На практике мы имеем дело не с проволочным кольцом, а с петлями проводника любой формы. Проводник разрывают, как правило, в двух местах: в одном помещают *источник энергии*, который сообщает некоторый импульс энергии электронам проводимости, в другом — *потребитель тока*, в котором этот импульс преобразуется в другую форму энергии, например в тепловую или в механическую энергию двигателя.

Название "потребитель тока" в основе своей ложно, но повсеместно укоренилось. Электрическая энергия не "потребляется", а только преобразуется в другой вид энергии. Точно так же и *источник энергии* контура тока является только приспособлением, в котором электроэнергия переходит из одной формы в другую. Электронный круговой поток в контуре подчинен общеизвестным законам: каждый потребитель тока должен соединяться двумя проводниками с источником электроэнергии — по одному электроны к потребителю "притекают", по другому они "вытекают". Если в каком-либо месте контур разрывается, ток тотчас прерывается, поэтому в любом месте контура можно установить выключатель.

Скорость перемещения электронов проводимости, как установлено в экспериментальных исследованиях, очень мала: она составляет доли миллиметров в секунду. Вместе с тем при разрыве контура или последующем включении тока мгновенно прекращается или возобновляется движение электронов во всем контуре.

На первый взгляд, это кажется странным, но объяснение этому явлению состоит в том, что *импульс движения* от электрона к электрону, который не имеет никакого отношения к скорости перемещения электронов, распространяется очень быстро. Так же и частицы воды в трубе повсюду немедленно приходят в движение независимо от скорости струи, когда открывается кран.

Важнейшая категория — сила тока

Не ограничиваясь представлением о том, что в цепи течет ток, попытаемся описать процесс также количественно, численно, т. е. обратимся к важнейшей категории электротехники — *силе тока*.

Чтобы оценить мощность течения реки, указывают расход воды в кубических метрах в секунду, например: $100 \text{ м}^3/\text{с}$ означает, что мимо наблюдателя на берегу реки через ее сечение протекает в каждую секунду 100 м^3 воды.

Чтобы определить силу электрического тока, поступают подобным же образом: ток считается тем "сильнее", чем больше электронов протекает за единицу времени через избранное для измерения сечение.

Воду измеряют кубическими метрами, так как исключается подсчет молекул воды, протекающих перед наблюдателем. Число отдельных электронов проводимости также невозможно фиксировать, поэтому силу электрического тока измеряют с помощью действия, которое он производит.

Электрический ток выделяет из растворов солей металл, причем выделяемое и легко взвешиваемое количество металла пропорционально силе тока и времени действия тока. Основываясь на этом, можно определить единицу силы тока. Имеется и другой путь. Между двумя проводниками, по которым течет ток, действуют силы притяжения или отталкивания. Они легко измеримы и служат также для определения силы тока.

Единицей силы тока является *ампер* (А), названный так по имени французского физика и математика *Андре Мари Ампера* (1775 — 1836). Дольные и кратные единицы:

$$1 \text{ миллиампер (мА)} = 0,001 \text{ А} = 10^{-3} \text{ А};$$

$$1 \text{ микроампер (μА)} = 0,000001 \text{ А} = 10^{-6} \text{ А};$$

$$1 \text{ килоампер (кА)} = 1000 \text{ А} = 10^3 \text{ А}.$$

Прибор для измерения силы тока называется амперметром.

Для того чтобы составить представление о том, как много движется электронов, установили, что при силе тока в 1 А

через электрический прибор протекает в секунду более $6 \cdot 10^{18}$ электронов.

**Сила тока (в амперах)
в технических аппаратах**

Карманный фонарик	0,07
Электробритва	0,35
Радиоприемник (супер)	0,37
Телевизор	0,7
Пылесос	2
Дуговая лампа прожектора	15
Трамвай	150
Электросварочный аппарат	300
Электрохимическая установка, не менее	100 000

Теперь уместно сообщить еще об одном важном свойстве электрического тока: электроны в контуре не могут "сжиматься", так же как не может уменьшаться расстояние между молекулами в потоке воды при обычных условиях. Следствие из этого свойства очень важно: в простой, неразветвленной цепи сила тока во всех точках равновелика.

Напряжение — причина электрического тока

Мы знаем, что гнезда штепсельной розетки находятся "под напряжением". Если его нет, то электрический прибор отказывает, хотя и включен в розетку: лампа не горит, радиоприемник молчит. Необходимо на розетку "подать" напряжение, чтобы мог "потечь" электрический ток и "ожил" приборы или аппараты, включенные в сеть. Напряжение является причиной электрического тока. Оно "продавливает" электроны через контур.

На основании наблюдений в электротехнике долго считали, что существует два различных вида электричества, которые назвали *положительным* и *отрицательным*. Тела, которые были "положительно заряжены", и тела с "отрицательным

зарядом" притягиваются друг к другу, и при соприкосновении их заряд выравнивается полностью или частично. Тела с зарядом одного знака отталкиваются друг от друга.

Сегодня известно, что только электроны могут относительно свободно передвигаться; их произвольно называли отрицательным электричеством. Положительно заряженные частицы остаются связанными с атомным ядром и не перемещаются через проводник.

Тело, заряженное отрицательно, содержит избыточные электроны; положительно заряженное тело, напротив, не только не приобретает извне дополнительные положительные заряды, но относительно своего "нормального запаса" теряет электроны, вследствие чего в нем и преобладают положительные заряды. Электрический ток есть процесс выравнивания, при котором электроны перемещаются из области избытка (–) в область недостатка (+).

Избыток электронов, с одной стороны, и недостаток, с другой, всегда присутствуют на зажимах аккумулятора. Если соединить зажимы через потребитель тока, то естественным будет утверждение: электрический ток течет от отрицательного зажима к положительному. Однако во всех учебниках по электротехнике сказано, что "техническое направление тока" прямо противоположно – от плюса к минусу (рис. 2).

Это кажущееся противоречие обусловлено исторически. Конечно, нет никакого сомнения в том, что электроны движутся от отрицательного зажима к положительному – это известно уже несколько десятилетий. Но когда формулировались



Рис. 2. Направление движения электронов и направление тока, принятое в технике

основные правила и законы электротехники, еще ничего не знали об электронах и их перемещении. Однако необходимо было договориться о направлении тока. Договорились — и потерпели неудачу! Только позднее выяснилось, что электроны перемещаются прямо в противоположном принятому направлению. Чтобы не вносить путаницы и не изменять опять все правила, оставили "фальшивое" направление тока. Сегодня повсеместно применяют "техническое направление тока", и в дальнейшем изложении именно это направление тока имеется в виду.

Ток, который течет, не изменяя направления, называют *постоянным током*, соответствующее напряжение — *напряжением постоянного тока*. Очень часто, однако, встречаются в электротехнике с током, который периодически изменяет свое направление и силу. Он называется *переменным током*, а соответствующее напряжение — *переменным напряжением*. В последующих разделах мы будем иметь дело в первую очередь с постоянным током и напряжением.

В электрической цепи электроны получают импульс к движению от источника напряжения*. Это может быть батарейка, аккумулятор, элемент солнечной батареи, термоэлемент или чаще всего генератор. Для всех источников общим является следующее: на одном зажиме источника наблюдается избыток электронов, на другом — недостаток. Однако неправильно говорить об "источнике тока". Источник напряжения не порождает тока, а только приводит в движение электроны. В зависимости от вида и конструкции источника сообщают электронам различный по значению импульс движения. Действие сторонних (непотенциальных) сил в источниках тока характеризует *электродвижущая сила* (э. д. с.). Э. д. с. определяет силу тока в цепи при заданном ее сопротивлении. Она действует вдоль всего замкнутого контура. Между произвольно выбранными двумя точками контура действует только часть импульса движения. В этом случае говорят просто о *напряжении*. Единицей напряжения и э. д. с. является *вольт* (В), названный так в честь итальянского ученого Алес-

* В отечественной литературе источник напряжения традиционно принято называть источником тока. (Прим. перев.)

сандро Вольта (1745 – 1827). Дольные и кратные единицы:

1 милливольт (мВ) = 0,001 В = 10^{-3} В;

1 микровольт (μ В) = 0,000 001 В = 10^{-6} В;

1 киловольт (кВ) = 1 000 В = 10^3 В.

Прибор для измерения напряжений называется вольтметром.

Для исследований применяют напряжения в несколько миллионов вольт. Еще более высокие напряжения наблюдаются при грозах.

Ток может возникнуть только при наличии напряжения, в свою очередь, наличие напряжения не означает возникновения тока. Если штепсельная розетка находится под напряжением 220 В, то ток может возникнуть только тогда, когда через электрический прибор будет замкнута электрическая цепь. При грозе между облаками или между облаками и землей возникает очень высокое напряжение, которое молния может выравнивать, создавая на мгновение ток во много тысяч ампер.

**Напряжение (в вольтах)
в технических аппаратах**

Антенна радиоприемника, не более	0,1
Батарейка карманного фонарика	1,5
Автомобильная аккумуляторная батарея	6 (12)
Электрическая игрушка, не более	24
Телевизионная установка	60
Нить лампы накаливания	220
Трамвай	500
Анод кенотрона	15 000
Электропоезд	15 000
Линии электропередачи (современные)*, не более	525 000

* В последние годы созданы линии электропередачи 1150 кВ переменного тока и 1500 кВ постоянного тока. (Прим. перев.)

Сопротивление "тормозит" ток

Если соединить лампочку тонким проводником с батареей карманного фонарика, то светить она будет тем менее ярко, чем длиннее будет проводник. Амперметр, включенный в цепь, покажет, что сила тока падает с увеличением длины проводника. Только повышением напряжения батарейки можно привести силу тока опять к ее начальному значению.

Из этого следует, что электроны в проводнике преодолевают *сопротивление*. Сопротивление является одним из важнейших понятий в электротехнике. Это явление можно представить в виде особого трения, которое преодолевают электроны, постоянно сталкиваясь с атомами проводника, колеблющимися в узлах кристаллической решетки.

Единицей сопротивления является *ом* (Ом), названный так в честь немецкого физика *Георга Симона Ома* (1787 – 1854). Дольные и кратные единицы:

$$1 \text{ миллиом (мОм)} = 0,001 \text{ Ом} = 10^{-3} \text{ Ом};$$

$$1 \text{ килоом (кОм)} = 1\,000 \text{ Ом} = 10^3 \text{ Ом};$$

$$1 \text{ мегаом (МОм)} = 1\,000\,000 \text{ Ом} = 10^6 \text{ Ом}.$$

Проводник имеет сопротивление 1 Ом, если в нем протекает ток силой в 1 А при напряжении в 1 В.

Простейший опыт показывает, что сопротивление зависит от размера проводника. Оно возрастает с увеличением длины и уменьшается с ростом поперечного сечения проводника. Чем длиннее и чем тоньше проволока, тем больше, следовательно, сопротивление.

При испытании проводников одинаковых размеров, но из различных материалов установили, что сопротивление меняется в зависимости от материала. Серебряная проволока имеет сопротивление меньшее, чем медная, а медная — меньшее, чем алюминиевая.

Каждый материал имеет свое "удельное" сопротивление (ρ). Это сопротивление отрезка проводника из данного материала сечением 1 мм² и длиной 1 м. Если кратко выразить эти зависимости, то получим формулу для расчета сопротивления проводника (в омах):