

Сафонов А.С.

ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 621.3
ББК 31.352
С21

С21 **Сафонов А.С.**
Основы электротехники / Сафонов А.С. – М.: Книга по Требованию, 2013. –
551 с.

ISBN 978-5-458-29409-6

ISBN 978-5-458-29409-6

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2013

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2013

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 первоизданном 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

Техника производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии называется электротехникой.

Электротехника в основном стала развиваться два века назад и за этот относительно короткий исторический период прошла большой путь: от громоздкого до атомной электростанции — величайшего творения человеческого гения.

Электрическая энергия получила в настоящее время чрезвычайно широкое применение в народном хозяйстве Советского Союза и служит повышению материального и культурного благосостояния народа. Она приводит в движение станки и машины в промышленности и сельском хозяйстве, военные и торговые корабли, товарные и пассажирские электропоезда. Электрическая энергия служит для освещения производственных и жилых помещений, для связи на любые расстояния, для автоматизации сложных производственных процессов; она избавляет миллионы людей от тяжелого физического труда, помогает советским людям превращать пустыни в плодородные земли и цветущие сады. Нет такой области в современной технике, где бы в той или иной форме не применялась электрическая энергия. А такие отрасли современной техники, как радиосвязь, радиолокация, электронная микроскопия, без применения электроэнергии вообще немыслимы.

Широкое распространение электрической энергии объясняется следующим: простотой преобразования электрической энергии в другие виды энергии — механическую, тепловую, световую и химическую; легкостью передачи электроэнергии на значительные расстояния с малыми потерями; высоким коэффициентом полезного действия большинства электрических машин и аппаратов; возможностью распределять электрическую энергию, вырабатываемую

одним или несколькими источниками, между любыми потребителями — от маленькой лампы накаливания до большого электрического агрегата.

Наступившая эпоха атомной энергии не уменьшает, а, наоборот, усиливает значение электрической энергии в развитии производительных сил человеческого общества. Объясняется это тем, что техническое использование внутриядерной энергии наиболее перспективно в виде электрической энергии. Кроме того, процесс выделения внутриядерной энергии неотделим от электрических явлений.

Наука об электричестве преодолела величайшие трудности. Многим ученым пришлось идти неизведанными путями, чтобы претворить в жизнь свои смелые замыслы, поставить электрическую энергию на службу человечеству.

Основателями электротехники были ученые многих стран мира. Назовем наиболее выдающихся из них.

Гениальный русский ученый М. В. Ломоносов (1711—1765) открыл природу атмосферного электричества. Труды Ломоносова сыграли большую роль в изучении электрических явлений, в установлении правильных взглядов на природу электричества.

Итальянский ученый А. Вольта (1745—1827), французский ученый А. Ампер (1775—1836) и немецкий ученый Г. Ом (1787—1854) обогатили электротехнику важными исследованиями электрического тока. Вольта является создателем первого источника постоянного тока — гальванического элемента. Именем Вольта названа единица электродвижущей силы и напряжения. Ампер открыл закон взаимодействия электрических токов. Его именем названа единица величины тока. Ому принадлежит открытие основного закона электрической цепи, связывающего сопротивление цепи, электродвижущую силу и величину тока. Именем Ома названа единица сопротивления.

Русский ученый В. В. Петров (1761—1834) открыл электрическую дугу. Ему принадлежит идея использования электрической дуги для освещения, плавления и сварки металлов. Он впервые применил изоляцию для электрических проводов.

Английский ученый М. Фарадей (1791—1867) открыл явление электромагнитной индукции. Им была создана современная теория магнитного поля. Он сформулировал законы электролиза, исследовал влияние промежуточной среды на электрические явления, а также создал основы электрохимии.

Теоретические положения Фарадея о природе магнитных и электрических явлений математически обосновал английский ученый Д. Максвелл (1831—1879). Максвелл является также создателем теории электромагнитного поля и электромагнитной теории света. Им же были осуществлены важные опыты по экспериментальной проверке закона Ома.

Русский академик Э. Х. Ленц (1804—1865) независимо от английского ученого Джоуля открыл тепловой закон электрического тока, известный в электротехнике под названием закона Джоуля — Ленца. Он установил общность явлений электромагнитной индукции и механического проявления магнитного поля.

Огромное значение для развития электротехники имели исследования и изобретения русского академика Б. С. Якоби (1801—1874). В 1834 г. он сконструировал первый электродвигатель постоянного тока. Совместно с Ленцем Якоби установил принцип обратимости электрических машин. Якоби создал буквопечатающий телеграфный аппарат, изобрел гальванопластику, установил единицы измерения тока и электрического сопротивления.

Важным вкладом в электротехнику явились изобретения П. Н. Яблочкова (1847—1894) и А. Н. Лодыгина (1847—1923). Яблочков создал электрическую дуговую лампу — первый электрический источник света. Им же были разработаны генератор — прообраз современного синхронного генератора и электрический трансформатор — неотъемлемая часть современных электрических сетей. Лодыгин создал первую в мире электрическую лампу накаливания.

Величайшим событием в электротехнике явилось почти одновременное изобретение трехфазной системы, трехфазного генератора и трехфазного асинхронного электродвигателя, творцом которых был талантливый русский инженер-электрик М. О. Доливо-Добровольский (1862—1919). Им же была впервые осуществлена передача энергии переменного тока на дальние расстояния. Он указал также, что для передачи электроэнергии на очень большие расстояния целесообразно применять сверхвысокие напряжения постоянного тока.

Конец прошлого столетия ознаменовался величайшим открытием современности — изобретением выдающимся русским ученым А. С. Поповым (1859—1906) радио. Наша страна, таким образом, является родиной новой отрасли электротехники — радиотехники и телевидения.

Расцвет электротехники и вообще всех наук в наш век был бы невозможен без исследований великого русского химика Д. И. Менделеева (1834—1907), который открыл закон периодической системы элементов и тем самым как бы раскрыв дверь в сокровенные тайны природы.

Советские ученые и инженеры неустанно работают над новыми теоретическими исследованиями, создают мощные электрические станции, конструируют сложные электромашины и радиоаппаратуру. Они успешно решают проблемы передачи электроэнергии на дальние и сверхдальние расстояния. Советские ученые работают и над основной проблемой современности — проблемой управления термоядерной реакцией и, следовательно, проблемой преобразования внутриядерной энергии в электрическую.

Выдающиеся работы в области электротехники советских ученых В. Ф. Миткевича (теория электромагнитных явлений), М. А. Шателена (энергетика и электрические измерения), М. П. Костенко (теория электрических машин), В. П. Вологодина (поверхностная закалка металлов), Е. О. Патона (автоматическая сварка под флюсом) и многих других получили мировую известность.

В нашей стране имеется своя, советская школа электротехников, занимающая ведущее место в мировой науке и продолжающая славные традиции первых русских ученых-электротехников. В частности, Энергетический институт им. Г. М. Кржижановского, Московский энергетический институт и Ленинградский политехнический институт им. М. И. Калинина являются научными центрами по исследованию электромагнитных явлений.

* * *

Значение электрификации для построения коммунистического общества определил В. И. Ленин в своей знаменитой формуле «Коммунизм — это есть Советская власть плюс электрификация всей страны».

В 1920 г. по инициативе и под непосредственным руководством В. И. Ленина был разработан гениальный план электрификации советской России — ГОЭЛРО. По этому плану намечалось в течение 10—15 лет построить 30 районных электростанций общей мощностью в 1,7 миллиона киловатт и с годовой выработкой около 6 миллиардов киловатт-часов электрической энергии. Советский народ, руководимый Коммунистической партией, не только до-

срочно выполнил, но и перевыполнил ленинский план электрификации России. В годы предвоенных и послевоенных пятилеток наша Родина добилась еще больших успехов в области электрификации страны. По выработке электроэнергии СССР вышел на второе место в мире. Электрическую энергию советские люди поставили на службу новому подъему экономического могущества своей Родины.

Советский народ — народ-творец, народ-созидатель — с огромным воодушевлением сооружает крупнейшие тепловые, гидравлические и атомные электростанции. Мощность современной атомной электростанции составляет в среднем 500 тыс. *квт*, тепловой электростанции — 2 млн. 500 тыс. *квт* и гидроэлектростанции — 5 млн. *квт*. Мощность современного электрического генератора, изготовляемого советской промышленностью, достигает 500 тыс. *квт* и проектируется генератор на 900 тыс. *квт*. Создается единая энергетическая система страны.

Сооружение большого числа крупных электростанций позволит нашей стране создать мощную энергетическую базу для бурного развития всех отраслей народного хозяйства. Это будет новый крупный шаг вперед по пути к коммунизму.

На современном военном корабле электрическая энергия применяется весьма широко. Она используется для питания электромеханизмов и электросистем вооружения, гребной установки, корабельных систем и устройств, рулей, шпилей, кранов, вентиляций, приборов управления кораблем и стрельбой, а также для освещения различных бытовых устройств и приборов. Современный корабль не мыслим без электронавигационных приборов и радиопеленгаторов, гидроакустических устройств и радиолокационных станций, которые также используют электрическую энергию. Другими словами, большинство корабельных вспомогательных механизмов и систем специального назначения электрифицировано. Они приводятся в действие при помощи электрических машин или управляются и контролируются при помощи электрических аппаратов. Это объясняется тем, что электрические машины способны выдерживать значительные перегрузки и практически всегда готовы к действию, а электрическая энергия позволяет по существу автоматизировать все операции по управлению механизмами, повышая их быстродействие, надежность, точность, а также облегчает труд экипажа корабля.

Естественно, что на корабле любому специалисту в той или иной мере приходится иметь дело с электрическими машинами, приборами, аппаратами, поэтому знание электротехники является непременным условием грамотной эксплуатации корабельного электрооборудования. Настоящая книга поможет изучению и развитию практических навыков по эксплуатации современного электрооборудования.

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И ЕГО СВОЙСТВА

ГЛАВА I

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

§ I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ·

Если стеклянную палочку потереть о кожу, а палочку из смолы потереть о мех, то они приобретают свойство притягивать легкие тела, например кусочки бумаги или пробки. Это свойство было обнаружено еще в древней Греции при натирании янтаря (вид затвердевшей смолы), а так как по-гречески янтарь называется электроном, то отсюда же произошли и термины **электричество**, **электрические заряды**.

Явление, при котором тела приобретают свойства притягивать другие тела, называется **электризацией**. Сами же тела в таких случаях называются **наэлектризованными**, обладающими некоторыми количествами электричества, т. е. **электрическими зарядами**. Такие тела называют также заряженными.

Взаимодействие заряженных тел можно наблюдать при помощи специального физического прибора — электроскопа (рис. 1,1). Этот прибор состоит из стеклянной банки, закрытой янтарной пробкой, и металлического стержня, пропущенного сквозь пробку. На верхнем конце стержня закреплен металлический шарик, а на нижнем — два тонких листа папиросной бумаги или станиоля. Если наэлектризованной стеклянной палочкой прикоснуться к металлическому шарiku электроскопа, то бумажные листочки разойдутся. Если затем к этому же электроскопу прикоснуться наэлектризованной смоляной палочкой, то листочки опустятся.

Опыты с электризацией тел позволили установить следующие положения:

1) Существуют два вида электрических зарядов: заряды, которые приобретает стекло при натирании его о кожу, принято называть **положительными**, а заряды, которые приобретает смольная палочка при натирании ее о мех, — **отрицательными**.

2) При электризации тел всегда одновременно возникают оба вида электрических зарядов и в равных количествах.

3) При соединении тел, обладающих равными электрическими зарядами по величине, но противоположными по знаку, они взаимно нейтрализуют друг друга.

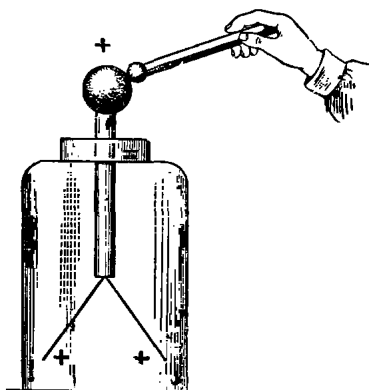


Рис. 1.1. Электроскоп

4) Наэлектризованные тела взаимодействуют друг с другом, причем тела, обладающие одноименными зарядами, отталкиваются, а разноименными — притягиваются.

5) Электрические заряды могут переходить с одного тела на другое и перемещаться по некоторым телам, в частности, по металлу.

Откуда же появляются электрические заряды и что они представляют собой, в чем сущность электризации и почему до электризации тело не проявляет электрических свойств во внешней среде? Ответ на это дает так называемая электронная теория строения вещества.

Согласно этой теории все физические тела состоят из простых веществ, называемых **химическими элементами**. В настоящее время известно более ста элементов, которые входят в периодическую систему элементов Менделеева.

Химические элементы состоят из мельчайших частиц — **атомов**, размеры которых измеряются стомиллионными долями сантиметра.

Долгое время считали атомы простейшими неделимыми частицами, пока наука не установила, что атом не простая частица, а чрезвычайно сложная система частиц, связанных между собой силами, которые обусловлены свойствами этих частиц, в том числе и электрическими

свойствами. В центре системы частиц, образующих атом, находится **атомное ядро**, вокруг которого по некоторым путям, называемым орбитами, движутся мельчайшие частицы вещества — **электроны**, обладающие отрицательными электрическими зарядами. Ядро в свою очередь состоит из частиц — **протонов**, которым присущи положительные электрические заряды, и незаряженных частиц, называемых поэтому **нейтронами**. Протоны и нейтроны, составляющие ядро, в противоположность электронам малоподвижны.

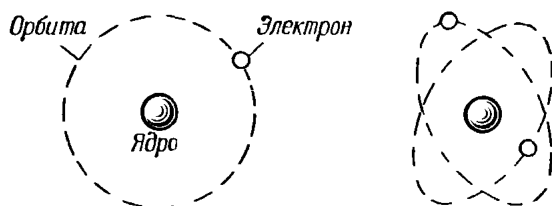


Рис. 1,2. Модели атомов водорода и гелия

На рис. 1,2 схематически показано строение атомов водорода и гелия. Это самые простые атомы, они имеют соответственно один и два электрона. Атомы других элементов имеют больше электронов; так, например, в атоме урана их 92. В атомах различных химических элементов все электроны одинаковы, а ядра отличаются как по размерам, так и по строению.

Установлено, что по величине заряд электрона равен заряду протона и при нормальном состоянии атома количество протонов равно количеству электронов, поэтому в электрическом отношении атом нейтрален. Но если от нейтрального атома каким-либо способом отнять хотя бы один электрон, то атом становится положительно заряженным, так как действие положительного протона уже не будет нейтрализовано действием электрона. Такой положительно заряженный атом называется **положительным ионом**. Наоборот, если атом получит лишний электрон, то он превращается в **отрицательный ион**. Заряженный атом, как и все заряженные тела, будет проявлять во внешней среде присущие ему электрические свойства.

Таким образом, **наэлектризовать физическое тело** — это значит создать в нем избыток или недостаток частиц с от-

рицательными электрическими зарядами, т. е. создать избыток или недостаток электронов.

Когда натирают стеклянную палочку о кожу, то часть электронов со стекла переходит на кожу и стеклянная палочка заряжается положительным электричеством, т. е. имеет недостаток электронов. Когда натирают палочку из смолы о мех, то атомы смоляной палочки приобретают электроны от атомов меха и смоляная палочка заряжается отрицательным электричеством, т. е. имеет избыток электронов.

Таким образом, электрические заряды — это одно из свойств элементарных частиц вещества, количественно определяемое по их силовому взаимодействию. Другими словами, электрические заряды определяют основные физические свойства элементарных частиц вещества. Поэтому действие электрических зарядов наблюдается практически во всех явлениях природы и проявляется оно в виде электрических и магнитных явлений.

Электрические явления характеризуются взаимодействием электрически заряженных частиц на расстоянии, а магнитные явления — взаимодействием движущихся элементарных заряженных частиц. Причем около движущихся элементарных частиц одновременно наблюдаются как магнитные, так и электрические явления. Это означает, что электрические и магнитные явления неразрывны и представляют две стороны единого физического процесса — сложного электромагнитного явления.

Материальные заряженные частицы, очевидно, могут взаимодействовать между собой на расстоянии только в материальной среде, ибо там, где нет материи, не может быть и ее действия. Следовательно, в пространстве, окружающем заряженные частицы, имеется особая материальная среда, проявляющаяся в виде механического действия на другие заряженные частицы. Эта материальная среда, наблюдаемая около заряженных частиц и характеризующаяся возникновением механических сил, действующих на другие заряженные частицы, помещенные в эту среду, называется электромагнитным полем. Другими словами, электромагнитное поле есть особая форма существования материи, обладающая специфическими свойствами, в которой наблюдается действие заряженных частиц друг на друга. При этом электромагнитное поле, подобно любому физическому телу, обладает энергией, массой, количеством движения и моментом количества движения.