

Прищеп Л. Г.

**Пособие для сельского
электрика**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 621.39
ББК 32
П75

П75 **Прищеп Л. Г.**
Пособие для сельского электрика / Прищеп Л. Г. – М.: Книга по Требованию,
2013. – 584 с.

ISBN 978-5-458-37629-7

В книге изложены вопросы практической электротехники, производства, распределения и применения электроэнергии в сельском хозяйстве. Это учебное пособие предназначено для подготовки электромонтеров сельской электрификации в профессионально-технических училищах и может служить руководством для сельских электриков-практиков.

ISBN 978-5-458-37629-7

© 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

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Глава I

Основы электричества. Электрические заряды. Электрическое поле

§ 1. Природа электричества. Электрические свойства веществ

Различные виды энергии являются проявлением различных форм движения материи. Энергия есть мера движения материи.

Механическая энергия проявляется при механическом движении тел, тепловая — при молекулярно-атомном движении, атомная — при ядерных реакциях внутри атомов, химическая — при химических реакциях веществ, электромагнитная — при электромагнитной форме движения материи.

В электротехнике под термином электрическая энергия понимают ту часть электромагнитной энергии, за счет которой в приборе, включенном в электрическую цепь, выделяется тепло, свет, происходит электролиз, возникает механическое усилие и т. д.

Понятие электричество определяет всю совокупность явлений, связанных с существованием, движением и взаимодействием электрических зарядов. В обиходе, однако, под «электричеством» часто понимают электрическую энергию, потребляемую от источников электрической энергии.

Всякое вещество состоит из химических элементов, которые представляют собой простые вещества, например водород, кислород, медь, алюминий. Соединения различных элементов представляют сложные вещества, например вода, кислота, окись меди и т. д.

В природе существует более 100 элементов.

Всякий элемент состоит из мельчайших частиц, обладающих свойствами данного элемента, — а т о м о в, которые уже не могут быть разложены на более мелкие частицы химическим путем. Атомы различных элементов отличаются атомным весом.

Мельчайшей частицей сложного вещества является м о л е к у л а, представляющая собой соединение атомов различных элементов. В молекулярном состоянии, когда два атома соединяются в одну молекулу, находятся газообразные элементы — водород, кислород и др. Атомы инертных газов — гелия, неона, аргона, криптона, ксенона — в молекулы не соединяются. Молекула воды состоит из двух атомов водорода и одного атома кислорода. Число атомов у некоторых белковых веществ доходит до нескольких тысяч. Молекулы очень малы по своим размерам. Так, одна молекула водорода в поперечнике имеет 0,0000005 м.м.

В свою очередь, атом сам является сложным образованием из элементарных частиц вещества, уже не обладающих свойствами данного химического элемента. По современному представлению, в соответствии с электронной теорией строения вещества, атом имеет ядро, вокруг которого вращаются электроны. Ядро состоит из протонов, нейтронов и электронов. Как между солнцем и планетами в нашей солнечной системе существуют силы взаимного притяжения, так и между ядром атома и его электронами имеются силы притяжения. Они обусловлены равноименностью электрических зарядов ядра и электронов. Принято считать, что ядро заряжено положительно, а электрон отрицательно. Таким образом, электрон — это вещественная частица, обладающая самым малым наблюдаемым в природе отрицательным электрическим зарядом. Нейтроны, входящие в состав атомного ядра, не имеют заряда, а протоны имеют положительный заряд.

Атом каждого вещества имеет определенное число электронов, среди которых различают связанные и свободные. Связанные электроны не могут оторваться от атома. Они определяют физические свойства вещества. Свободные электроны могут легко отделяться от атома и переходить на другие атомы. Они могут быть выделены из вещества нагреванием, облучением, воздействием света и электрического поля. Свободные электроны

определяют электрические и химические качества вещества.

Высокая проводимость металлов объясняется наличием большого числа свободных электронов. Направленное движение потока свободных электронов вдоль металлического проводника называется электрическим током проводимости.

Металлы и сплавы металлов, обладающие свободными электронами и вследствие этого электронной проводимостью, называются электрическими проводниками первого рода. В электротехнике для изготовления проводников используют медь, алюминий, сталь.

К проводникам второго рода относятся жидкости, хорошо проводящие электричество. Это различные электролиты, например водные растворы серной кислоты H_2SO_4 , едкого натра $NaOH$, медного купороса $CuSO_4$ и т. д. Во всяком электролите происходит распад молекул на составные части — разноименные ионы (диссоциация молекул) и одновременно с этим идет процесс воссоединения разноименных ионов в нейтральные молекулы (молизация молекул). Упорядоченное и направленное движение потока ионов в электролите под действием сил электрического поля называется ионным электрическим током.

Вещества, которые практически не проводят электричества, называются изоляторами, или диэлектриками. К ним относятся стекло, фарфор, эбонит, каучук, слюда, минеральные масла, кристаллы солей и т. д. Под действием сил электрического поля диэлектрик может поляризоваться, то есть электроны и ионы, находящиеся в связанном состоянии, ориентируются под действием поля, смещаясь на ничтожно малые расстояния, и создают свое электрическое поле. Эти связанные заряды не могут перемещаться, и их нельзя, например, отвести в землю. Однако созданное ими электрическое поле может воздействовать на конфигурацию внешнего поля, вызывая поляризацию.

Вещества, которые по своим свойствам электропроводимости занимают среднее положение между проводниками и изоляторами, называются полупроводниками. К ним относятся селен, кремний, германий, графит,

карборунд, сернистые соединения и т. д. Свойство электропроводности зависит от рода примесей в основном материале полупроводника и от технологии его изготовления. Носители электрического тока в полупроводниках создаются воздействием тепла, света, потока электронов и других видов энергии от посторонних источников. В современной технике широкое распространение получили некоторые свойства полупроводников: выпрямление переменного тока (выпрямители с селеном, германием, кремнием, окисью меди и т. д.), повышение электропроводности и появление электродвижущих сил при освещении и облучении (фотоэлементы с кремнием, селеном, германием), изменение электропроводности в зависимости от степени освещенности (фотосопротивления с сернистым кадмием и др.) и от окружающей температуры (термисторы) и т. д.

Газы в нормальном состоянии электричества не проводят, то есть являются диэлектриками. Однако при ионизации в результате отщепления электронов от нейтральных молекул газ становится способным проводить электричество. Ионизация газа может быть вызвана, например, рентгеновскими, радиоактивными и ультрафиолетовыми лучами.

§ 2. Системы единиц измерений электрических, магнитных и механических величин

При изучении электротехники приходится встречаться с измерением различных электрических, магнитных и механических величин. Измерение этих величин означает сравнение их с соответствующими им единицами. Поскольку все электрические, магнитные и механические величины в физических явлениях и сложных процессах связаны между собой и зависят друг от друга, для их измерения приняты системы единиц. В основе системы МКСА лежат исходные единицы: метр (М), килограмм (К), секунда (С), ампер (А). В ранее применявшихся системах единиц СГСЭ и СГСМ в основе систем лежали: сантиметр (С), грамм (Г), секунда (С). Буква Э означает, что система электростатическая, а буква М — электромагнитная. С января 1963 г. введена новая Международная (интернациональная) система единиц измерения физических величин (СИ), единая, универсальная,

охватывающая все отрасли науки, техники и народного хозяйства. Эта система связывает воедино единицы измерения механических, тепловых, электрических, магнитных и других величин. Все основные и некоторые производные единицы, которые упоминаются в настоящей книге, приведены в таблице 1.

Другие единицы считаются устаревшими, и применять их не рекомендуется.

Производные от указанных единиц образуются делением или умножением их на единицу с нулями, а их наименования — прибавлением к простым наименованиям единиц соответствующих приставок: кило — (*к* — тысяча основных единиц, или 10^3), гекто — (*г* — сто основных единиц, или 10^2), мега — (*М* — 10^6), гига — (*Г* — 10^9), деци — (*д* — десятая часть, или 10^{-1}), санти — (*с* — сотая часть, или 10^{-2}), милли — (*м* — 10^{-3}), микро — (*мк* — 10^{-6}), нано — (*н* — 10^{-9}), пико — (*п* — 10^{-12}).

Чтобы не смешивать выражения физических законов с формулами размерности, абсолютные величины и формулы их размерности заключают в квадратные скобки.

Приведем соотношения между некоторыми единицами и их размерностями в различных системах. Так, в применявшейся ранее системе СГС (сантиметр, грамм, секунда) единица силы — дина (*дин*) равна $1 \text{ см} \cdot \text{г}/\text{сек}^2$ ($1 \text{ дин} = 1 \text{ г} \cdot 1 \text{ см}/\text{сек}^2$); единица работы — эрг равен $1 \text{ см}^2 \cdot \text{г}/\text{сек}^2$ ($1 \text{ эрг} = 1 \text{ дин} \cdot 1 \text{ см}$). В системе МКС (метр, килограмм-сила, секунда) сила измерялась в килограммах (*кг*), работа и энергия — в килограммомогах (*кгм*) и т. д. Соотношения между единицами и размерностями силы:

$$1 \text{ н} = 1 \text{ кг} \cdot 1 \text{ м}/\text{сек}^2 = \frac{1000 \text{ г} \cdot 100 \text{ см}}{1 \text{ сек}^2} = 10^5 \text{ дин};$$

$$1 \text{ н} = \frac{10^5}{981000} \text{ кгГ} = 0,102 \text{ кгГ (веса)}.$$

Соотношения между единицами работы, энергии и количеством теплоты:

$$1 \text{ дж} = 1 \text{ н} \cdot 1 \text{ м} = 10^5 \text{ дин} \cdot 100 \text{ см} = 10^7 \text{ эрг};$$

$$1 \text{ кгГм} = \frac{1000}{427} = 2,34 \text{ кал тепла};$$

$$1 \text{ дж} = 1 \text{ н} \cdot 1 \text{ м} = 0,102 \text{ кгГ} \cdot 1 \text{ м} = 0,102 \frac{1000}{427} = 0,239 \text{ кал тепла}.$$

Таблица 1

**ЕДИНИЦЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ СИСТЕМЫ СИ
(по ГОСТ 9867—61)**

Величина	Единица измерения	Сокращенные обозначения единиц		Размер производных единиц
		русские	латинские или греческие	
Основные единицы				
Длина	метр	<i>м</i>	<i>m</i>	—
Масса	килограмм	<i>кг</i>	<i>kg</i>	—
Время	секунда	<i>сек</i>	<i>s</i>	—
Сила электрического тока	ампер	<i>а</i>	<i>A</i>	—
Термодинамическая температура	градус Кельвина	<i>°К</i>	<i>°K</i>	—
Сила света	свеча	<i>св</i>	<i>cd</i>	—
Дополнительные единицы				
Плоский угол	радиан	<i>рад</i>	<i>rad</i>	—
Телесный угол	стерадиан	<i>стер</i>	<i>sr</i>	—
Производные единицы				
Частота	герц	<i>гц</i>	<i>Hz</i>	$1:(1 \text{ сек})$
Плотность	килограмм на кубический метр	<i>кг/м³</i>	<i>kg/m³</i>	$(1 \text{ кг}):(1 \text{ м})^3$
Угловая скорость	радиан в секунду	<i>рад/сек</i>	<i>rad/s</i>	$(1 \text{ рад}):(1 \text{ сек})$
Ускорение	метр на секунду в квадрате	<i>м/сек²</i>	<i>m/s²</i>	$(1 \text{ м}):(1 \text{ сек})^2$
Угловое ускорение	радиан на секунду в квадрате	<i>рад/сек²</i>	<i>rad/s²</i>	$(1 \text{ рад}):(1 \text{ сек})^2$

Величина	Единица измерения	Сокращенные обозначения единиц		Размер производных единиц
		русские	латинские или греческие	
Сила	ньютон	<i>н</i>	N	$(1 \text{ кг}) \times (1 \text{ м}) : (1 \text{ сек})^2$
Давление (механическое напряжение)	ньютон на квадратный метр	$\text{н}/\text{м}^2$	$\text{N}/\text{м}^2$	$(1 \text{ н}) : (1 \text{ м})^2$
Работа, энергия, количество теплоты	джоуль	<i>дж</i>	J	$(1 \text{ н}) \cdot (1 \text{ м})$
Мощность	ватт	<i>вт</i>	W	$(1 \text{ дж}) : (1 \text{ сек})$
Количество электричества	кулон	<i>к</i>	C	$(1 \text{ а}) \cdot (1 \text{ сек})$
Электрическое напряжение, разность электрических потенциалов, электродвижущая сила	вольт	<i>в</i>	V	$(1 \text{ вт}) : (1 \text{ а})$
Напряженность	вольт на метр	$\text{в}/\text{м}$	V/m	$(1 \text{ в}) : (1 \text{ м})$
Электрическое сопротивление	ом	<i>ом</i>	Ω	$(1 \text{ в}) : (1 \text{ а})$
Электрическая емкость	фарада	<i>ф</i>	F	$(1 \text{ к}) : (1 \text{ в})$
Поток магнитной индукции	вебер	<i>вб</i>	Wb	$(1 \text{ к}) (1 \text{ ом}) = (1 \text{ в}) (1 \text{ сек})$
Индуктивность	генри	<i>гн</i>	H	$(1 \text{ вб}) : (1 \text{ а})$
Магнитная индукция	тесла	<i>тл</i>	T	$(1 \text{ вб}) : (1 \text{ м})^2$

Величина	Единица измерения	Сокращенные обозначения единиц		Размер производных единиц
		русские	латинские или греческие	
Напряженность магнитного поля	ампер на метр	<i>a/m</i>	A/m	(1 a):(1 м)
Магнитодвижущая сила	ампер	<i>a</i>	A	(1 a)
Световой поток	люмен	<i>лм</i>	lm	(1 св):(1 стер)
Яркость	свеча на квадратный метр или нит	<i>св/м²</i> <i>нт</i>	<i>cd/m²</i> <i>nt</i>	(1 св):(1 м) ²
Освещенность	люкс	<i>лк</i>	lx	(1 лм):(1 м) ²

§ 3. Статический заряд тела и электрическое поле

Из физики известны опыты получения зарядов трением (электризация) эбонитового стержня о фланель (отрицательный заряд) или стеклянного стержня о шелк (положительный заряд). При соответствующих условиях любое вещество может быть заряжено путем трения о вещество другого рода.

Если при этом тело получает избыток электронов, то считают, что оно заряжено отрицательно. Если тело потеряло часть своих электронов, считают, что оно заряжено положительно.

Одноименные заряды отталкиваются, разноименные — притягиваются. Сила взаимодействия зарядов определяется согласно закону Кулопа: *два точечных заряда действуют друг на друга (притягиваются или отталкиваются) с силой, пропорциональной произведению величин зарядов и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними, то есть*

$$F = \frac{1}{\epsilon} \frac{q_1 q_2}{4\pi r^2}, \quad (1)$$

где F — сила взаимодействия электрических зарядов (κ);

q_1, q_2 — электрические заряды (κ);

r — расстояние между зарядами (μ);

ϵ — диэлектрическая проницаемость среды $\left(\frac{\kappa}{\epsilon \cdot \mu} = \frac{\phi}{\mu}\right)$.

Диэлектрическая проницаемость ϵ обычно выражается так:

$$\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0, \quad (2)$$

где ϵ_0 — электрическая постоянная (диэлектрическая проницаемость свободного пространства, или вакуума);

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} \frac{\phi}{\mu};$$

ϵ_r — относительная диэлектрическая проницаемость среды, отвлеченное число, показывающее, во сколько раз диэлектрическая проницаемость среды больше диэлектрической проницаемости вакуума.

В таблице 2 приведены ϵ_r для ряда веществ.

Таблица 2

Относительная диэлектрическая проницаемость ϵ_r некоторых веществ

Материал	ϵ_r	Материал	ϵ_r
Бакелит	3,8—5	Миканит	4,6—6
Бумага кабельная су- хая	2,3—3,5	Мрамор	8—10
Бумага кабельная, пропитанная мас- лом	3,4—3,7	Оргстекло	3,2—3,6
Воздух	1	Парафин	2,2—2,3
Гетинакс	7—8	Резина	2,6—3,5
Карболит	3—5	Слюда	5—7,5
Лакоткань	3,5—5	Стекло	5,5—10
Масло трансформа- торное	2—2,5	Тиконд	60—80
		Фарфор	5—7,5
		Фибра	3,5
		Тибар	6000—8000

Электрическое поле между двумя разноименно заряженными телами, например между двумя пластинами, тем сильнее, чем больше заряд на пластинах и чем меньше расстояние между ними.

Если электрическое поле создано совокупностью зарядов, которые можно считать практически неподвижными в пространстве, оно называется электростатическим полем («статический» означает — «неподвижный»). Электростатическое поле характеризуется потенциалом поля. Потенциал данной точки электростатического поля равен величине такой работы, которую надо затратить, чтобы переместить единицу заряда (1 к) из-за пределов поля в данную его точку. Потенциал измеряется в вольтах. Потенциал земли принято считать равным нулю. Сила электростатического поля стремится перемещать заряды от точки с более высоким потенциалом в точку с меньшим потенциалом. Если, например, потенциал точки A равен φ_A , а потенциал точки B равен φ_B , то между точками A и B действует напряжение

$$U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B, \quad (3)$$

то есть напряжение равно разности потенциалов.

Воображаемые линии, по которым стремится двигаться положительный заряд, лишенный инерции, в электрическом поле, называются электрическими силовыми линиями.

Интенсивность электрического поля характеризуется напряженностью, обозначаемой буквой E . Напряженность электрического поля измеряется в вольтах на метр (в/м). Если напряжение между двумя параллельными металлическими пластинами с однородной диэлектрической средой между ними и заряженными разноименными зарядами равно U вольт, а расстояние между пластинами равно d метров, то напряженность электрического поля между пластинами

$$E = \frac{U}{d} \text{ в/м.} \quad (4)$$

§ 4. Конденсаторы

Две параллельные металлические пластины, отделенные друг от друга диэлектриком (воздухом, бумагой, слоем стекла и т. д.) и находящиеся друг от друга на таком