

**Курс электротехники. Учебник
для школ ФЗУ энергетической
промышленности Н.Н. Мансуров**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 82-3
ББК 84-4
К93

К93 Курс электротехники. Учебник для школ ФЗУ энергетической промышленности Н.Н. Мансуров / – М.: Книга по Требованию, 2024. – 127 с.

ISBN 978-5-519-95340-5

ISBN 978-5-519-95340-5

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2024
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2024

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.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	5
Глава I	
Основные понятия	
1. Электрический ток	7
2. Сопротивление и проводимость . .	10
3. Напряжение, потенциал и в. д. с.	14
Глава II	
Основные законы электрического тока	
4. Закон Ома	17
5. Первый закон Кирхгофа.	19
6. Последовательное соединение сопротивлений.	—
7. Параллельное соединение сопротивлений	22
8. Смешанное соединение. сопротивлений	26
9. Соединение источников тока.	29
10. Энергия и мощность электрического тока . .	30
11. Закон Джоуля и Ленца. .	33
Глава III	
Электромагнитное поле	
12. Магнетизм . . .	37
13. Магнитное поле.	38
14. Электромагнетизм. . . .	43
15. Железо в магнитном поле.	49
16. Электромагнитная индукция .	55
17. Самоиндукция	59
18. Токи Фуко .	63
Глава IV	
Электрические измерения	
19. Эталоны, магазины сопротивления, реостаты	64
20. Электроизмерительные приборы . .	66
21. Измерение сопротивлений.	71
22. Измерение сопротивления изоляции.	74
1*	3

Глава V

Переменный ток

	Стр.
23. Получение переменного тока. Период и частота	75
24. Зависимость частоты от числа оборотов и числа полюсов генератора	79
25. Электрическая угловая скорость	80
26. Фаза. Сдвиг фаз	83
27. Векторная диаграмма	—
28. Эффективное значение тока и напряжения.	84

Глава VI

Безиндукционное и индуктивное сопротивление в цепи переменного тока

29. Безиндукционное сопротивление в цепи переменного тока	86
30. Индукционная катушка в цепи переменного тока	89
31. Мощность, потребляемая катушкой	93
32. Последовательное и параллельное соединение цепей с омическим и индуктивным сопротивлением	94

Глава VII

Емкость в цепи переменного тока

33. Емкость	99
34. Параллельное и последовательное соединение конденсаторов	100
35. Емкость в цепи переменного тока	101
36. Соединение катушки и конденсатора.	105

Глава VIII

Трехфазный ток

37. Трехфазная система	111
38. Соединение звездой и треугольником	112
39. Мощность трехфазного тока	115
Приложение и таблицы тригонометрических величин	118

ВВЕДЕНИЕ

Роль электротехники в хозяйственной жизни нашей страны громадна.

Развитие промышленности, сельского хозяйства и транспорта требует использования накопленных природных запасов энергии: топлива (каменный уголь, нефть, торф), „белого угля“ (рек, водопадов), ветра и пр. Энергия нужна каждому заводу, каждой фабрике для привода в движение их станков и машин, для освещения помещений, передвижения тяжестей и т. д.

Использование энергии топлива можно производить на месте потребления, т. е. можно, например, завезти топливо на завод и при помощи двигателя внутреннего сгорания или паросиловой установки преобразовывать его энергию в механическую. Иначе обстоит дело с энергией падающей воды: непосредственный транспорт ее невозможен, и ее приходится использовать на том месте, где она находится в природе. Впрочем, и перевозка топлива часто оказывается невыгодной, так как она сильно загружает транспорт.

Распределение механической энергии от двигателя к отдельным станкам является весьма несовершенным. Обычно это распределение производится при помощи ременной или канатной передачи, причем значительная часть энергии теряется на преодоление трения и других сопротивлений.

В середине прошлого столетия, используя открытое Фарадеем явление электромагнитной индукции, немецкий инженер Вернер Сименс изобрел динамомашину, которая практически разрешила задачу преобразования механической энергии в электрическую.

Электрическая энергия обладает рядом ценных свойств: сравнительно легко получаясь из механической, она с малыми потерями может передаваться на десятки и даже сотни километров и в месте потребления легко превращается в нужный вид энергии: световую, тепловую, механическую.

Таким образом электрическая энергия, выполняя роль посредника в преобразовании энергии, стала в настоящее время незаменимым звеном почти всякой силовой установки.

Большие количества электрической энергии обычно получают на электрических станциях, расположенных в местах добычи дешевого топлива (торф, подмосковный уголь) и в местах расположения больших мощностей падающей воды (водопады, реки с большим падением). Отсюда она по линиям электропередач передается к пунктам потребления (фабрики, заводы, города), где поступает в распределительную сеть и превращается в тепловую (печи и другие нагревательные приборы), световую (лампы) или механическую (электродвигатели).

Изучение свойств, способов получения, распределения и преобразования электрической энергии является задачей курса электротехники.

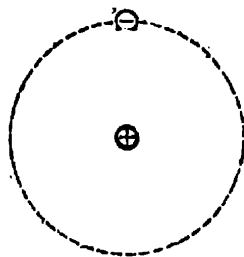
ГЛАВА I

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

1. Электрический ток

Электрической энергией называется тот вид энергии, которым обладает **электрический заряд**. Электрический заряд представляет собой часть атома, а атом является мельчайшей частицей простого вещества.

По гипотезе, созданной датским ученым Бором, строение атома представляется в следующем виде: вокруг центрального ядра вращаются с большой скоростью по замкнутым орбитам один или несколько **электронов** (фиг. 1). От их количества и зависят физико-химические свойства данного вещества. Центральное ядро состоит из элементарных электрических зарядов одного знака (протонов), электроны же представляют собой заряды другого знака, причем условно заряд ядра считается положительным, а заряд электрона — отрицательным.



Фиг. 1.

Опытным путем установлено, что составляющие атом заряды могут быть и разделены. При этом между ними возникает определенная сила взаимодействия. Заряды разного знака притягиваются друг к другу, заряды одинакового знака отталкиваются. Соединенные вместе равные заряды различных знаков уравнивают друг друга.

Внутри атома в обычном его состоянии положительные и отрицательные заряды находятся в равных количествах, а потому он и не обладает явно выраженными электрическими свойствами. При удалении из атома одного или нескольких электронов равновесие нарушается: преобладает

действие положительных зарядов. Тела, из атомов которых удалено некоторое количество электронов, считаются „наэлектризованными“, или „заряженными“, положительно.

Наоборот, тела, атомы которых получили добавочное количество электронов, считаются заряженными отрицательно.

Движение электрических зарядов в той или иной среде называется **электрическим током**; длительное движение в одном направлении — **постоянным током**.

Мы не можем непосредственно наблюдать движения отдельных зарядов, и об электрическом токе нам приходится судить по тем явлениям, которые его сопровождают. Таких явлений — три: 1) в пространстве, окружающем движущиеся электрические заряды, действуют магнитные силы; 2) среда, по которой проходит ток, нагревается и 3) при прохождении тока через электролиты, т. е. растворы кислот, щелочей и солей, происходит их химическое разложение.

Величиной тока (или просто **током**) называется количество электрических зарядов, которое проходит через поперечное сечение среды за 1 сек. Величина тока зависит от количества находящихся в движении зарядов и от их средней скорости. Не следует смешивать скорость движения зарядов со скоростью распространения их движения (например, при включении цепи). Заряды передвигаются в среде со средней скоростью не более 0,5 мм/сек, тогда как скорость распространения этого движения по среде может достигать скорости света, т. е. 300 000 км/сек.

О величине тока можно судить по его действиям.

В одном и том же материале больше тепла выделяется при прохождении большего тока.

На магнитную стрелку, помещенную недалеко от цепи тока, действует тем большая сила, чем больше проходящий по цепи ток.

Однако для установления единицы тока удобнее всего воспользоваться его химическими действиями. Как доказал Фарадей, при прохождении тока через электролиты количество веществ, выделяющихся в результате разложения, пропорционально количеству прошедшего через раствор электричества и зависит, кроме того, от химического состава электролита. Другими словами, для данного электролита количество выделяющихся в 1 сек. веществ пропорционально току. Это и дает возможность точно установить единицу тока.

Практическая единица тока называется **ампер** (обозна-

чается сокращенно *a*) и представляет собой такой постоянный ток, при котором из раствора азотнокислого серебра (AgNO_3) выделяется в 1 сек. 1,118 мг чистого серебра.

Более мелкой единицей является миллиампер (*ма*), равный $\frac{1}{1000} a$.

Данное выше определение величины тока можно выразить математически уравнением

$$I = \frac{Q}{t},$$

где *I* обозначает величину тока, а *Q* — количество электричества (заряд), прошедшее через поперечное сечение среды за время *t*. Если известна величина тока *I* и время его прохождения *t*, то количество электричества, прошедшее через поперечное сечение среды, можно определить по формуле

$$Q = I \cdot t.$$

Если *I* дано в амперах, а *t* — в секундах, то *Q* получится в амперсекундах (*асек*). Амперсекунда иначе называется кулон.

Пример 1. Через раствор азотносеребряной соли в течение трех часов проходил ток. Выделенного чистого серебра после взвешивания оказалось 24 г. Определить величину тока.

Находим сначала количество серебра, выделенного за 1 сек.:

$$\frac{24}{3 \cdot 3600} = 0,00222 \text{ г} = 2,22 \text{ мг.}$$

Так как ток в 1 *a* выделяет за каждую секунду 1,118 мг, то

$$I = \frac{2,22}{1,118} \approx 2 a.$$

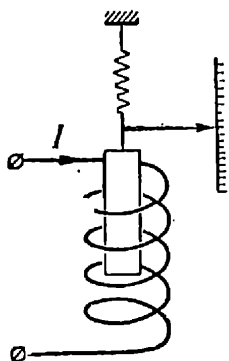
Пример 2. Определить, какое количество электричества прошло через раствор соли в предыдущем примере.

Находим

$$Q = I \cdot t = 2 \cdot 3 \cdot 3600 = 21\,600 \text{ асек.}$$

Пользуясь магнитным действием тока, можно создать ряд приборов для измерения тока. При прохождении тока

по проволоке, свитой в катушку (фиг. 2), в нее втягивается железный сердечник. Сила, с которой он втягивается, возрастает с увеличением тока. Этой силе противодействует пружинка, и сердечник втягивается до тех пор, пока сила, с которой он втягивается, не уравнивается возрастающей упругостью растянутой пружинки. Замечая, насколько втягивается сердечник при том или ином токе, прибор можно проградуировать, укрепив на сердечнике стрелку, расположив около нее шкалу и нанеся на ней деления в амперах. Такой прибор носит название „амперметр“.



Фиг. 2.

Задачи

1. Аккумуляторная батарея за 2 часа работы дала в цепь количество электричества 10800 *асек*. Как велик был ток в цепи этой батареи?

Ответ. 1,5 *а*.

2. Через поперечное сечение проволоки за 20 сек. прошло количество электричества 0,05 кулона. Как велик был ток?

Ответ. 0,0025 *а*, или 2,5 *ма*.

Контрольные вопросы

1. Как мы представляем себе строение атома?
2. Что такое протоны и электроны?
3. Какие заряды называются отрицательными и какие — положительными?
4. Какими свойствами по отношению друг к другу обладают электрические заряды?
5. Что называется электрическим током?
6. Какие явления сопровождают электрический ток?
7. Что называется величиной тока?
8. В каких единицах измеряется величина тока?
9. В каких единицах измеряется количество электричества?

2. Сопротивление и проводимость

Всякая среда, в которой движутся электрические заряды, оказывает этому движению известное сопротивление, напоминающее сопротивление трения. Это сопротивление различно для разных материалов и зависит, кроме того, от длины пути, его поперечного сечения и температуры.

Сравнительно малым сопротивлением обладают металлы, а также (хотя и несколько большим) кислоты, щелочи, соли и уголь. Гораздо большее сопротивление имеют мрамор,

фарфор, слюда, бумага, минеральное масло, смолы и др. Поэтому первая группа веществ получила наименование проводников, а вторая — изоляторов.

Единицей для измерения сопротивления служит сопротивление, которое оказывает постоянному току столбик ртути высотой 106,3 см одинакового по всей длине сечения 1 мм² при температуре 0°C. Эта единица называется ом (обозначение ом).

Для того чтобы произвести подсчет сопротивления какого-либо участка цепи длиной l и сечением q при температуре $t^\circ\text{C}$, достаточно знать сопротивление образца из того же материала длиной в 1 м и сечением 1 мм² при определенной температуре (обычно 15°C), т. е. так называемое удельное сопротивление (ρ).

По величине удельных сопротивлений различных материалов можно судить об их относительной способности препятствовать прохождению электрического тока.

Опытным путем установлено, что сопротивление проводников возрастает с увеличением их длины и уменьшается

Таблица удельных сопротивлений

Наименование материалов	ρ	α
Медь проводниковая	0,0175	0,004
Алюминий	0,0287	0,00388
Железная проволока	0,1324	0,0048
Стальная проволока	0,1843	0,0052
Константан .	0,500	0,000030
Никелин	0,4500	0,00028
Манганин	0,4300	0,000015
Нихром	1,1000	0,00016

с увеличением сечения, а поэтому, зная удельное сопротивление, можно подсчитать полное сопротивление проводника, пользуясь формулой

$$R = \rho \frac{l}{q},$$

где R — полное сопротивление в омах;
 ρ — удельное сопротивление;

l — длина в $м$;
 q — поперечное сечение в $мм^2$.
 Из этой формулы следует, что

$$\rho = \frac{Rq}{l},$$

откуда видно, что удельное сопротивление измеряется в $\frac{ом \cdot мм^2}{м}$.

В электрических схемах сопротивление обычно изображается, как указано на фиг. 3.

 Фиг. 3. **Пример 1.** Определить сопротивление алюминиевой проволоки круглого сечения длиной $l = 10 м$, диаметром $d = 0,75 мм$.

Определяем сечение проволоки

$$q = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,75^2}{4} = 0,44 мм^2$$

и сопротивление

$$R = \rho \frac{l}{q} = 0,0287 \frac{10}{0,44} = 0,65 ом.$$

Пример 2. Требуется подсчитать длину нихромовой проволоки (для электрического утюга) сопротивлением в холодном состоянии $R = 18 ом$ при сечении проволоки $q = 0,6 мм^2$.

Преобразовываем формулу

$$R = \rho \frac{l}{q}$$

в следующий вид:

$$l = \frac{R \cdot q}{\rho},$$

откуда

$$l = \frac{18 \cdot 0,6}{1,1} = 9,8 м.$$

Большинство металлов с увеличением температуры увеличивает свое сопротивление и уменьшает его с понижением температуры. Некоторые же материалы, как, например,