

Тема «Постоянный электрический ток»

Оглавление

Электрическое поле	2
1. Строение атома.	
2. Электризация тел.	
3. Проводники в электрическом поле.	
4. Диэлектрики в электрическом поле.	
5. Электрическая ёмкость.	
Понятие об электрическом токе	4
1. Определение электрического тока	
2. Условия существования электрического тока	
3. Действия тока	
4. Источники тока	
5. Основные характеристики тока	
6. Виды электрического тока	
Электрическая цепь и её элементы	6
1. Цепь постоянного тока	
2. Условные обозначения на схемах электрической цепи	
3. Основные элементы электрических цепей	
Законы Ома	7
1. Закон Ома для участка цепи	
2. Закон Ома для полной цепи	
Законы Кирхгофа	8
1. Соединение проводников	
2. Первый закон Кирхгофа	
3. Второй закон Кирхгофа	
Тепловое действие тока	9
Работа электрического тока	10
Мощность электрического тока	10

Электрическое поле

1. Строение атома.

Атом (от древне-греческого — неделимый) — наименьшая частица вещества, являющаяся носителем его свойств. Атом состоит из ядра и окружающего его электронного "облака". Находящиеся в электронном облаке *электроны* несут *отрицательный* электрический заряд. *Протоны*, входящие в состав ядра, несут *положительный* заряд. В любом атоме число протонов в ядре в точности равно числу электронов в электронном облаке, поэтому атом в целом — нейтральная частица, не несущая заряда. Атом может потерять один или несколько электронов или наоборот — захватить чужие электроны. В этом случае атом приобретает положительный или отрицательный заряд и называется *ионом*.

2. Электризация тел.

Электрический заряд — физическая величина, которая характеризует величину взаимодействия заряженных тел.

Заряды делят на два типа: положительные и отрицательные. Положительно заряжаются: шерсть, мех, стекло, горный хрусталь, драгоценные камни. Отрицательно заряжаются: янтарь, смолы, сургуч, воск, сера, резина, пластмассы, шелк, бумага.

Правило взаимодействия зарядов: одноименные заряды отталкиваются; разноименные заряды притягиваются.

Электризация — разделение электрических зарядов в результате тесного контакта двух или более тел. Если тело в результате электризации получило отрицательный заряд, то оно приобрело «лишние» электроны. Если тело положительно зарядилось, то оно отдало некоторую часть электронов. Способы электризации: трением, ударом, освещением.

3. Проводники в электрическом поле.

К проводникам относят вещества, у которых имеются свободные заряженные частицы, способные двигаться упорядоченно по всему объему тела под действием электрического поля. Проводниками являются металлы, некоторые химические соединения, водные растворы солей, кислот и щелочей, расплавы солей, ионизированные газы.

Если внести незаряженный металлический проводник в однородное электрическое поле, то под действием поля в проводнике возникает направленное движение свободных электронов. Заряды будут двигаться до тех пор, пока электрическое поле внутри проводника полностью не уничтожит внешнее электрическое поле. Таким образом, внутри любого проводника электрическое поле отсутствует. В проводнике произойдет разделение зарядов. Такой вид электризации, при котором под действием внешнего электрического поля происходит перераспределение зарядов между частями данного тела, называют электростатической индукцией. На поверхности тела заряды скапливаются на тех участках, где больше кривизна, например, на остриях, в центрах выпуклостей или впадин.

4. Диэлектрики в электрическом поле.

Диэлектриками называются вещества, которые в обычных условиях практически не проводят электрический ток, их удельное сопротивление в $10^{10} - 10^{15}$ раз больше, чем у

металлов. В диэлектриках, в отличие от проводников, нет свободных носителей заряда, которые могли бы под действием электрического поля создавать ток проводимости.

К диэлектрикам относятся все газы; некоторые жидкости (дистиллированная вода, масла, бензол); твердые тела (стекло, фарфор, слюда, смолы, пластмасса, многие виды резины). К диэлектрикам относятся электреты, пьезоэлектрики, пироэлектрики, сегнетоэластики, сегнетоэлектрики, релаксоры и сегнетомагнетики.

Различие в строении проводников и диэлектриков приводит к тому, что они по-разному ведут себя в электростатическом поле. Электрическое поле может существовать внутри диэлектрика.

5. Электрическая ёмкость.

Электрическая ёмкость (С), характеристика проводящего тела, мера его способности накапливать электрический заряд. Ёмкость зависит от геометрических размеров и формы проводников, взаимного расположения проводников и диэлектрической проницаемости, но не зависит от материала проводника. Все элементы и устройства, применяемые в электрических цепях различного назначения (трансформаторы, электронные приборы) также обладают электрической ёмкостью, влияние которой в некоторых режимах может быть существенным.

Конденсатор представляет собой систему из двух проводников, разделенных слоем диэлектрика, толщина которого мала по сравнению с размерами проводников. Проводники наз. обкладками конденсатора. Если заряды пластин конденсатора одинаковы по модулю и противоположны по знаку, то под зарядом конденсатора понимают абсолютное значение заряда одной из его обкладок. Ёмкостью конденсатора называют отношение заряда конденсатора к разности потенциалов между обкладками: $C = Q/U$.



- обозначение конденсатора на схеме

Если его пластины образуют параллельные плоскости, то его называют плоским.

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

- ёмкость плоского конденсатора зависит от площади его пластин S; от расстояния между его пластинами d; от материала, заполняющего пространство между пластинами ϵ . При изготовлении конденсатора большой ёмкости стремятся сделать большое S при малом d, а также заполнить его пространство веществами с большим ϵ .

Не зависит от напряжения U и от заряда q.

$$W_{эл} = \frac{CU^2}{2}$$

$$W_{эл} = \frac{q^2}{2C}$$

- энергия заряженного конденсатора

ϵ - относительная диэлектрическая проницаемость

$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м - абсолютная диэлектрическая проницаемость, мировая постоянная

U - напряжение между пластинами, В

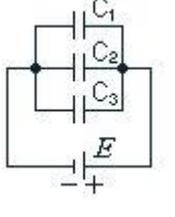
q - заряд одной из пластин, Кл

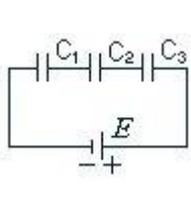
S - площадь одной из пластин, м²

d - расстояние между пластинами, м

W_{эл} - электрическая энергия, Дж

На практике конденсаторы часто соединяют в батареи - последовательно или параллельно.

	<p>При параллельном соединении напряжение на всех обкладках одинаковое $U_1 = U_2 = U_3 = U$, емкость батареи равняется сумме емкостей отдельных конденсаторов $C = C_1 + C_2 + C_3$. Применяется параллельное соединение конденсаторов для увеличения общей ёмкости цепи.</p>
---	--

	<p>При последовательном соединении заряд на обкладках всех конденсаторов одинаков $Q_1 = Q_2 = Q_3$, а напряжение батареи равняется сумме напряжений отдельных конденсаторов $U = U_1 + U_2 + U_3$. Емкость всей системы последовательно соединенных конденсаторов рассчитывается из соотношения: $1/C = U/Q = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3$. Емкость батареи последовательно соединенных конденсаторов всегда меньше, чем емкость каждого из этих конденсаторов в отдельности. Применяется последовательное соединение конденсаторов, если напряжение отдельно взятого конденсатора не может выдержать напряжения цепи.</p>
---	--

Понятие об электрическом токе

1. Определение электрического тока

Электрический ток - упорядоченное по направлению движение электрических зарядов. В разных средах носителями электрического тока являются разные заряженные частицы: в металлах – электроны, в электролитах – ионы и электроны, в полупроводниках – электроны и дырки. За направление тока принимается направление движения *положительных* зарядов.

2. Условия существования электрического тока

Для возникновения и поддержания тока в какой-либо среде необходимо выполнение двух условий:

- наличие в среде свободных электрических зарядов
- создание в среде электрического поля

3. Действия тока

Прохождение тока по проводнику сопровождается следующими его действиями:

- магнитным (основное - наблюдается во всех проводниках)
- тепловым (наблюдается во всех проводниках, кроме сверхпроводников)
- химическим (наблюдается в электролитах)

4. Источники тока

Для поддержания тока в электрической цепи на заряды кроме кулоновских сил должны действовать силы *неэлектрической* природы (сторонние силы).

Устройство, создающее сторонние силы, поддерживающее разность потенциалов в цепи и преобразующее различные виды энергии в электрическую энергию, называется источником тока.

5. Основные характеристики тока

✓ Сила тока - I , единица измерения - 1 А (Ампер).

Силой тока называется величина, равная заряду, протекающему через поперечное сечение проводника за единицу времени: $I = q/t$. (1)

Формула (1) справедлива для *постоянного тока*, при котором сила тока и его направление не изменяются со временем. Если сила тока и его направление изменяются со временем, то такой ток называется *переменным*.

✓ Плотность тока - j , единица измерения - 1 А/м².

Плотностью тока называется величина, равная силе тока, протекающего через единичное поперечное сечение проводника: $j = I/S$. (2)

✓ Электродвижущая сила источника тока- э.д.с. (\mathcal{E}), единица измерения- 1 В (Вольт). Э.д.с.- физическая величина, равная работе, совершаемой сторонними силами при перемещении по электрической цепи единичного положительного заряда: $\mathcal{E} = A_{ст}/q$. (3)

✓ Сопротивление проводника - R , единица измерения - 1 Ом.

Под действием электрического поля в вакууме свободные заряды двигались бы ускоренно. В веществе они движутся в среднем равномерно, т.к. часть энергии отдают частицам вещества при столкновениях. Зависимость сопротивления от материала проводника, его длины, площади поперечного сечения и температуры выражают формулы:

$$R = \rho \cdot l/S, \quad (4) \quad R = R_0(1 + \alpha t), \quad (5).$$

l - длина проводника, м

S - площадь поперечного сечения, мм²

ρ - коэффициент пропорциональности, названный удельным сопротивлением материала, Ом·мм²/м

t – температура проводника, °С

✓ Напряжение - U , единица измерения - 1 В.

Напряжение - физическая величина, равная работе, совершаемой сторонними и электрическими силами при перемещении единичного положительного заряда.

6. Виды электрического тока

Постоянным называют ток, значение и направление которого в любой момент времени остаются неизменными (рис. 1, а).

Переменный ток – это ток, значение и направление которого периодически меняются по закону синуса или косинуса (рис. 1, б).

От выпрямителей получают пульсирующий ток (рис. 1, в), неизменный по направлению, но меняющийся по величине.

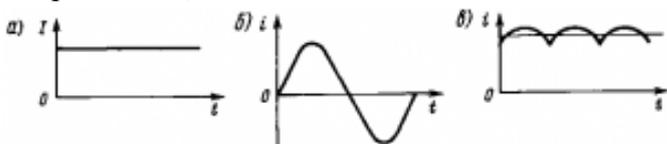


Рис.1. Зависимости тока от времени: а — постоянный ток; б — переменный синусоидальный ток; в — пульсирующий ток

Электрическая цепь и её элементы

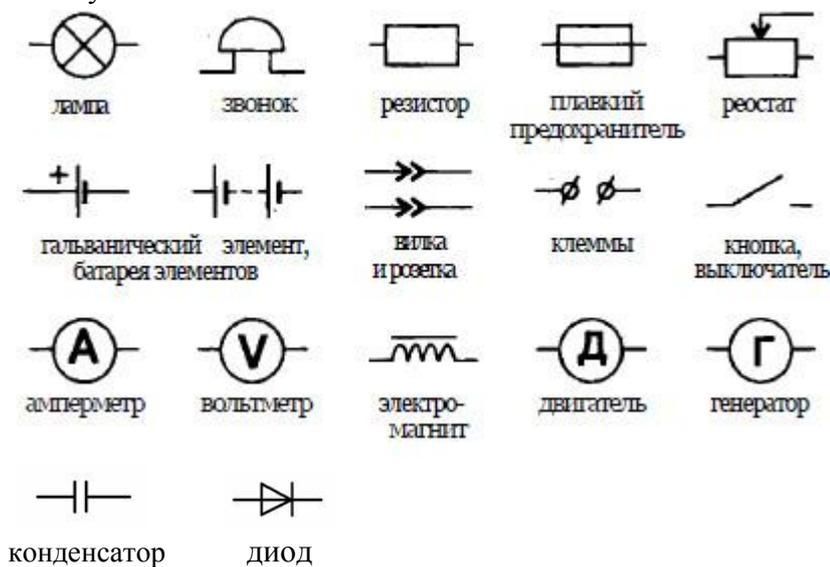
1. Цепь постоянного тока

Цепи постоянного тока это совокупность объектов и устройств, которые создают путь для движения электрического тока. Все объекты и устройства, которые входят в цепь постоянного тока подразделяются на категории. Первая из них - это источники тока. Те источники, в которых идет преобразование не электрической энергии в электрическую называются первичными. К ним относятся гальванические элементы аккумуляторы электрогенераторы фотоэлементы. Если же источник преобразует электрическую энергию, то он называется вторичным. К таким источникам можно отнести выпрямители трансформаторы стабилизаторы и преобразователи. К следующей категории относят потребители. В них идет обратный процесс преобразования энергии. То есть электрическая переходит в другие виды (тепловую, в нагревательных элементах или в электромагнитную в виде излучения). К последней категории относятся вспомогательные элементы цепи постоянного тока. Сюда можно отнести соединительные провода коммутационные разъемы переключатели измерительные приборы.

В целом электрическая цепь делится на внутреннюю и внешнюю части. К внутренней части относят источники тока цепи, к внешней части – всё, что присоединяется к клеммам источника.

2. Условные обозначения на схемах электрической цепи

Реальные электрические цепи для упрощения их анализа и расчета изображаются в виде электрических схем, в которых реальные объекты и устройства заменяются на графические условные обозначения.



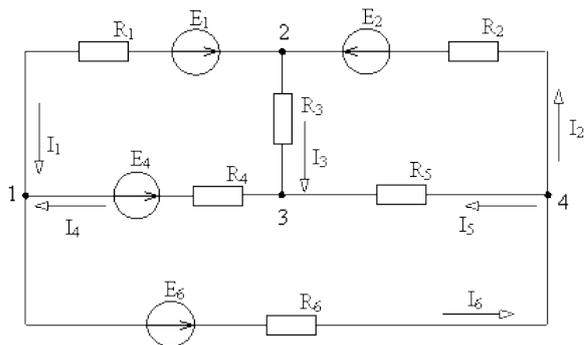
3. Основные элементы электрических цепей

Узел – это точка электрической цепи, где сходится не менее трех ветвей. Узел обозначается на схеме жирной точкой (·) в том месте, где ветви соединяются между собой. В качестве примера на рис. 1 показаны узлы 1,2,3,4.

Ветвь – это участок электрической цепи с последовательным соединением элементов, расположенный между двумя узлами. На рис.1 имеется 6 ветвей.

Контуром называют любой замкнутый участок электрической цепи. Особо следует выделить понятие «независимый контур». Независимый контур – это контур, в который

входит хотя бы одна ветвь, не входящая в другие контуры. На рис. 1 приведена схема электрической цепи, в которой можно выделить 7 (семь!) контуров.

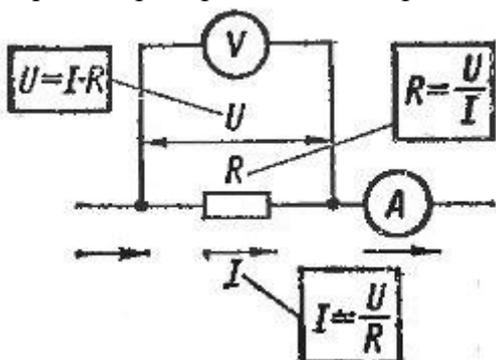


Законы Ома

Цепь постоянного тока можно разбить на отдельные участки. Те участки, на которых не действуют сторонние силы (т. е. участки, не содержащие источников тока), называются *однородными*. Участки, включающие источники тока, называются *неоднородными*.

1. Закон Ома для однородного участка цепи

Закон Ома для участка цепи гласит: ток прямо пропорционален напряжению и обратно пропорционален сопротивлению.



Закон Ома: $I = \frac{U}{R}$ - выражает зависимость силы тока от напряжения и сопротивления.

Формулы: $U = I \cdot R$, $R = \frac{U}{I}$ - применяются для вычисления величины напряжения и сопротивления.

I – сила тока, А

U – напряжение на участке, В

R – сопротивление участка, Ом

2. Закон Ома для неоднородного участка цепи

Закон Ома для полной цепи - сила тока в цепи пропорциональна действующей в цепи ЭДС и обратно пропорциональна сумме сопротивлений цепи и внутреннего сопротивления источника

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r}$$

I – сила тока, А

R – внешнее сопротивление, Ом

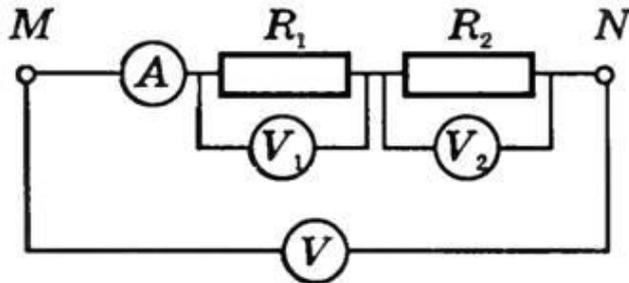
r – внутреннее сопротивление, Ом

ε - ЭДС, электродвижущая сила, В

Законы Кирхгофа

1. Соединение проводников

- ✓ **Последовательное соединение** - такое соединение проводников, при котором конец одного соединяется с началом другого, без разветвлений. Применяют для деления напряжения.



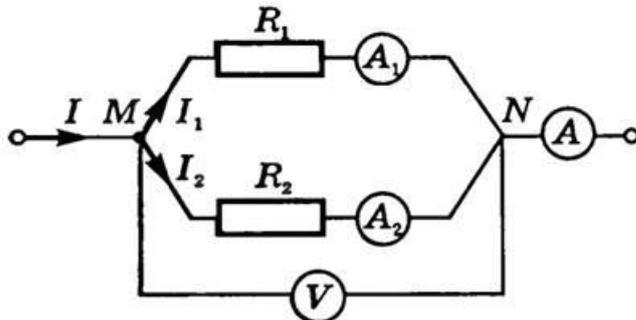
Законы последовательного соединения:

$$I_0 = I_1 = I_2 = \dots = I_N$$

$$U_0 = U_1 + U_2 + \dots + U_N$$

$$R_0 = R_1 + R_2 + \dots + R_N$$

- ✓ **Параллельное соединение** - такое соединение проводников, при котором проводники соединяются одноименными концами. Применяют для деления токов.



Законы параллельного соединения:

$$U_0 = U_1 = U_2 = \dots = U_N$$

$$I_0 = I_1 + I_2 + \dots + I_N$$

$$1/R_0 = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_N$$

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \text{ - для двух параллельно соединенных проводников}$$

$$R = \frac{R}{N} \text{ - для N одинаковых проводников}$$

2. Первый закон Кирхгофа

Для формулировки законов Кирхгофа необходимы понятия узел, ветвь, контур. Ветвью называют любой двухполюсник, входящий в цепь.

Узлом называют точку соединения трех и более ветвей. Контур — замкнутый цикл из ветвей.

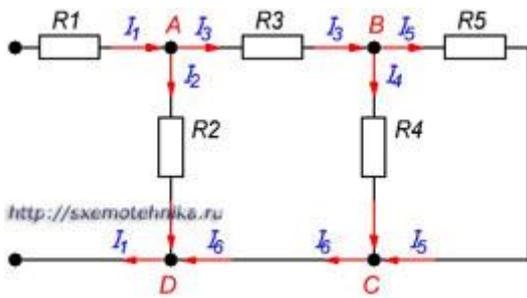


Рис.1

На рисунке 1 четыре узла, шесть ветвей, шесть контуров.

Первый закон Кирхгофа имеет две формулировки:

- **Формулировка №1:** Алгебраическая сумма токов, сходящихся в любом узле, равна нулю.

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0$$

Например для узла А: $I_1 - I_2 - I_3 = 0$.

I_1 взят со знаком плюс, поскольку он входит в узел. I_2, I_3 взяты со знаком минус, поскольку они выходят из узла.

- **Формулировка №2:** Сумма входящих в узел токов равна сумме выходящих из узла токов.

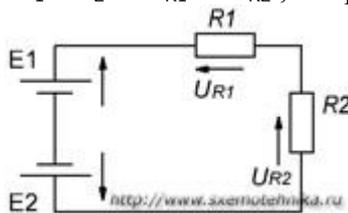
Например для узла А: $I_1 = I_2 + I_3$

3. Второй закон Кирхгофа: алгебраическая сумма падений напряжений на отдельных участках замкнутого контура равна алгебраической сумме ЭДС в этом контуре

$$\sum_{i=1}^k E_i = \sum_{i=1}^m I_i R_i$$

Для одного контура на рисунке 2 второй закон Кирхгофа будет иметь вид :

$-E_1 + E_2 = U_{R1} + U_{R2}$, направление обхода взято против часовой стрелки



Тепловое действие тока

При прохождении электрического тока по проводнику в результате столкновений свободных электронов с его атомами и ионами проводник нагревается. Количество тепла, выделяемого в проводнике при прохождении электрического тока, определяется законом Джоуля — Ленца :

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$

Q – количество теплоты, Дж
 I – сила электрического тока, А
 R – сопротивление проводника, Ом
 t – время прохождения тока, с

Работа электрического тока

Работа электрического тока, совершаемая на участке цепи, прямо пропорциональна силе тока в цепи, напряжению на этом участке и времени действия тока.

$$A = I \cdot U \cdot t$$

A – работа тока, Дж
 I – сила электрического тока, А
 U – напряжение на участке цепи, В
 t – время прохождения тока, с

Мощность электрического тока

Мощность электрического тока равна работе электрического тока, производимой в течение одной секунды

$$P = A/t, \text{ подставляя формулу работы, получим } P = I^2 \cdot R$$

P – мощность электрического тока, Вт