

Тема: "Электрический ток и его основные законы"

ВВЕДЕНИЕ

Электротехника есть наука о техническом использовании электрических и электромагнитных явлений. Широкое распространение электротехники в современной промышленности и на транспорте объясняется относительной простотой получения электрической энергии, передачи ее на дальние расстояния, распределения между потребителями и преобразования в другие виды энергии.

Электрические и электромагнитные явления были открыты в конце XVIII — начале XIX столетий. В это же время были созданы первые химические источники тока (гальванические элементы). В первой половине XIX столетия были в основном изучены химические, тепловые, световые и магнитные действия электрического тока и открыты важнейшие законы электротехники. Важная роль в открытии этих законов принадлежит известным ученым-физикам, имена которых носят основные законы электротехники и единицы измерения главных электрических величин: А. Амперу, А. Вольту, Г. Герцу, Д. Джоулю, Г. Кирхгофу, Ш. Кулону, Д. Максвеллу, Н. Ому, Н. Тесла, М. Фарадею, Г. Эрстеду и др., а также русским ученым М. В. Ломоносову, Э. Х. Ленцу, П. Н. Лебедеву, В. В. Петрову, А. Г. Столетову и др.

Во второй половине XIX столетия ученые и изобретатели создают различные электрические машины, приборы и устройства, позволяющие применять электрическую энергию для практических целей. Первые электрические машины и устройства использовали энергию постоянного тока. Однако значительные преимущества переменного тока при передаче, распределении электрической энергии и преобразовании ее в механическую работу обусловили быстрое развитие электрификации на переменном токе. В развитии техники переменного тока ведущая роль принадлежит русским ученым и изобретателям: П. Н. Яблочкову, создавшему конструкции генераторов переменного тока и трансформатора с разомкнутым

магнитопроводом; Д. А. Лачинову, разработавшему теорию передачи электрической энергии на дальние расстояния; М. О. Доливо-Добровольскому, разработавшему систему трехфазного переменного тока и создавшему трехфазный трансформатор, трехфазные асинхронные электродвигатели и др.

На основе применения электрической энергии были разработаны совершенно новые направления техники, такие, как радиотехника (А. С. Попов), электрическая тяга (Ф. А. Пироцкий, А. Б. Лебедев, В. А. Шевалин), электропривод (В. Н. Чиколев, Б. С. Якоби), электрическая сварка (Н. Г. Славянов и Н. Н. Бернадос), электрическое освещение (А. Н. Ладыгин и П. Н. Яблочков) и др.

В развитии электротехники и практическом применении ее достижений в народном хозяйстве большая роль принадлежит советским ученым: А. Е. Алексееву, С. И. Вавилову, А. Ф. Иоффе, Г. М. Кржижановскому, М. П. Костенко, К. А. Кругу, В. С. Кулебакину, И. В. Курчатову, М. А. Шателену, К. И. Шенферу и другим

Железнодорожный транспорт России практически полностью переведен на электрическую и тепловозную тягу, при которых перевозки осуществляются локомотивами, оборудованными электрическими двигателями. По общей протяженности железных дорог, переведенных на электрическую тягу, и по темпам ее развития Россия прочно занимает первое место в мире.

АЗБУКА ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Электрический ток представляет собой направленное движение отрицательно заряженных элементарных частиц - **электронов** от одного полюса замкнутой электрической цепи к другому. Электроны, способные перемещаться, существуют только в определённых веществах, называемых **проводниками**. Вещества, не содержащие свободных электронов, принадлежат к категории **диэлектриков (изоляторов)**.

Чтобы движение свободных электронов в проводнике от одного полюса к другому было возможным, между полюсами должна существовать разность потенциалов или **напряжение**. Его можно уподобить некоему давлению, толкающему электроны. Чтобы непрерывно поддерживать протекание тока в замкнутой электрической цепи, необходим источник электродвижущей силы, который вырабатывает электрическую энергию, преобразуя в неё другие виды энергии.

Количество электронов, проходящее через поперечное сечение проводника в единицу времени, может быть более или менее значительным. Оно определяет интенсивность - **силу тока**.

В зависимости от материала, длины и сечения материала проводник оказывает прохождению тока большее или меньшее **сопротивление**. Оно проявляется, в частности, в нагреве проводника.

Чем длиннее проводник, тем больше его сопротивление. Но чем больше сечение проводника, тем меньше его сопротивление.

Источник электроэнергии характеризуется **мощностью**, то есть количеством электроэнергии, которую он вырабатывает в единицу времени. Электрическое устройство (прибор), потребляющее электроэнергию, также характеризуется мощностью.

Напряжение измеряется в **вольтах (В)**.

Сила (величина) тока измеряется в **амперах (А)**.

Сопротивление измеряется в **Омах (Ом)**.

Мощность измеряется в **ваттах (Вт)**. 1000 ватт составляют 1 **киловатт (кВт)**.

Выработка и потребление электроэнергии измеряются в **киловатт-часах (кВт-ч)**.

Между этими величинами существуют следующие зависимости:

1. Величина тока равняется напряжению, приложенному к концам проводника, делённому на его сопротивление (закон Ома).

2. Мощность электроустановки равна произведению напряжения на ток.
3. Количество потреблённой электроэнергии равно произведению мощности электроустановки на время её работы.
4. Количество тепла, превращённого из электроэнергии, пропорционально величине тока, возведенную во вторую степень, сопротивлению проводника и времени. Например, при увеличении тока в два раза, выделяется в четыре раза больше тепла.

АВАРИЙНЫЕ И НЕНОРМАЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ

Короткое замыкание. Если перемкнуть два провода, подводящие ток, к электрическому прибору, ток резко возрастёт (в 10 раз и более). Возрастание тока в 10 раз приведёт к увеличению количества тепла в проводах в 100 раз. При этом проводка будет разрушена и возникнет опасность пожара. Во избежание этого сеть должна быть оборудована устройством мгновенного автоматического отключения.

Перегрузка. Такая же опасность разрушения, но за более продолжительное время возникает при превышении силы тока сверх нормы, допустимой для квартирной проводки. И в этом случае она должна быть автоматически отключена.

Отклонение напряжения. На паспортном щитке электрического прибора нанесено его номинальное напряжение, то есть напряжение, обеспечивающее его нормальную работу. Как правило, оно составляет 230 вольт. При отклонениях напряжения, как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения нарушается нормальная работа и сокращается срок службы электроприбора. При значительном отклонении напряжения возможно повреждение электроприбора. Если в вашей квартире напряжение ниже 200 В, необходимо пользоваться стабилизаторами напряжения.

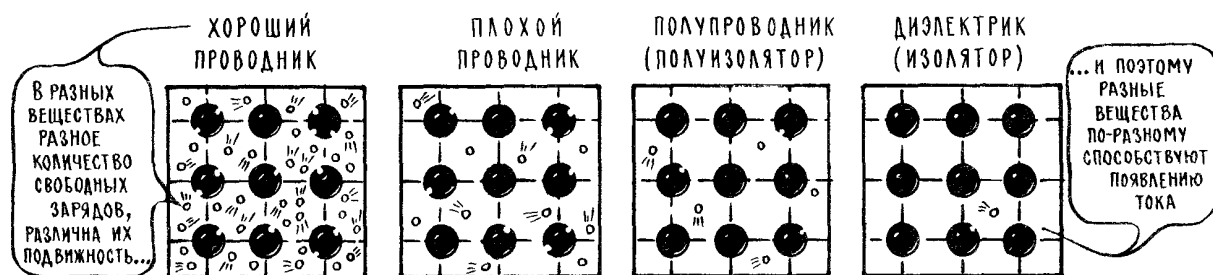
Скачки напряжения. Речь идет о кратковременном увеличении напряжения, которое может достичь сотен и даже более тысячи вольт. Такое высокое напряжение может повредить некоторые домашние электроприборы. К их числу относятся приборы, которые собираются из мельчайших электронных деталей: компьютеры, телевизоры, музыкальные центры, видеомэагнитофоны и т.п.

«Перекас» напряжения. Это явление состоит в том, что одна часть электроприборов оказывается под завышенным напряжением, а другая - под заниженным. «Перекас» напряжения происходит при неисправности в сети 400/230 В. Его можно заметить по ненормальной работе электроприборов. Так, лампочки меньшей мощности светятся ярким светом, а лампочки большей мощности горят «вполнакала».

ПРОВОДНИКИ И ДИЭЛЕКТРИКИ

Электропроводность.

Свойство вещества проводить электрический ток под действием электрического поля называют электропроводностью. Электропроводность различных веществ зависит от концентрации свободных (т. е. не связанных с атомами, молекулами или кристаллической структурой) электрически заряженных частиц. Чем больше концентрация этих частиц, тем больше электропроводность данного вещества. Все вещества в зависимости от электропроводности делят на три группы: проводники, диэлектрики (изолирующие материалы) и полупроводники.



Проводники обладают очень высокой электропроводностью. Существуют два рода проводников, которые различаются физической природой протекания электрического тока.

К проводникам первого рода относятся металлы. Прохождение по ним тока обусловлено движением свободных электронов, вследствие чего их называют проводниками с электронной проводимостью.

Проводниками второго рода являются растворы кислот, щелочей и солей (в основном водные), называемые *электролитами*. Прохождение тока через электролиты связано с движением электрически заряженных частей молекул — положительных и отрицательных ионов, т. е. электролиты являются проводниками с ионной проводимостью.

Имеются также вещества со смешанной проводимостью, в которых ток переносится электронами и ионами. К ним относятся, например, газы и пары в ионизированном состоянии.

Физическая природа электропроводности металлов. Высокая электропроводность металлов хорошо объясняется на основе электронной теории. Согласно этой теории валентные электроны сравнительно слабо связаны с их ядрами. Поэтому они свободно перемещаются между атомами, переходя из сферы действия одного атома в сферу действия другого и заполняя пространство между ними наподобие газа. Эти электроны принято называть *свободными*.

Свободные электроны находятся в состоянии беспорядочного движения

Протон — частица, обладающая положительным электрическим зарядом. Протоны входят в состав атомного ядра, сообщая ему положительный заряд.

Электроны — мельчайшие отрицательно заряженные частицы, которые с огромной скоростью вращаются по орбитам вокруг ядра атома.

В электротехнике применяется Международная система единиц СИ. Величина заряда в этой системе измеряется в Кулонах.

Заряд электрона $e = 1,6 \times 10^{-19}$ Кл. Это наименьшая возможная (неделимая) частица электричества. Тело, приобретая электроны, получает отрицательный заряд "-". При потере электронов тело приобретает положительный заряд "+". Атомы различных химических веществ отличаются друг от друга количеством электронов.

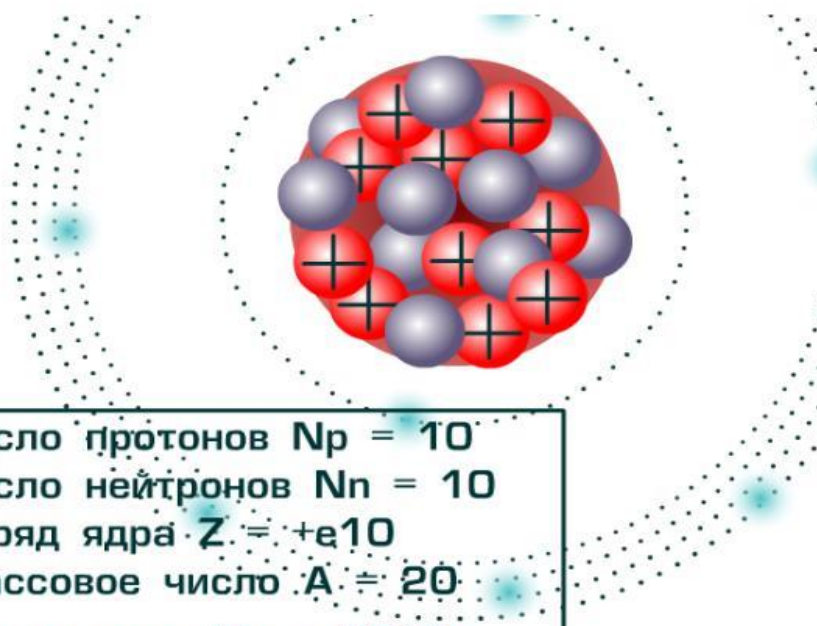
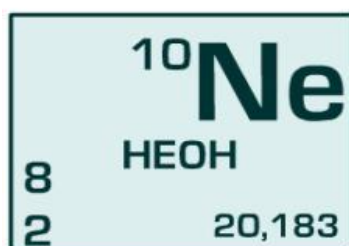
Планетарная модель атома

1 Н
ВОДОРОД
1 1,00797



ЯДРО	Число протонов $N_p = 1$
АТОМ	Число нейтронов $N_n = 1$
ИОН +	Заряд ядра $Z = +e1$
ИОН -	Массовое число $A = 1$
	Масса ядра $M_y = 1M_p$

Планетарная модель атома



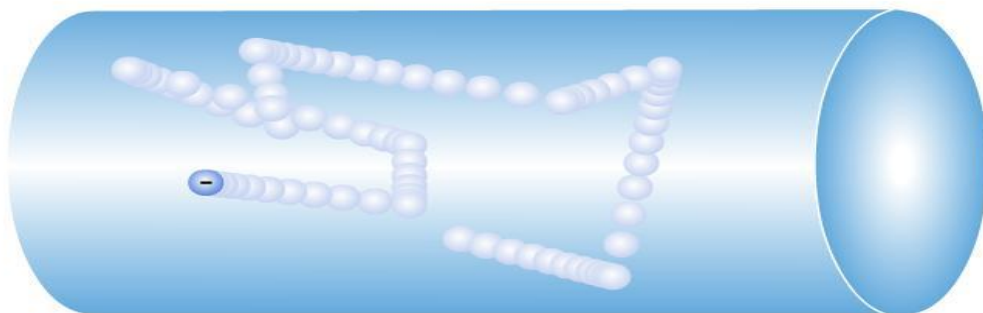
ЯДРО	Число протонов $N_p = 10$
АТОМ	Число нейтронов $N_n = 10$
ИОН +	Заряд ядра $Z = +e10$
ИОН -	Массовое число $A = 20$
	Масса ядра $M_y = 20m_p$

Однако если внести металлический проводник в электрическое поле, то свободные электроны под действием сил поля начнут перемещаться в сторону положительного полюса, создавая электрический ток.

Таким образом, **электрическим током в металлических проводниках называется упорядоченное (направленное) движение свободных электронов.**

Скорость прохождения тока.

Электрическое поле распространяется в пространстве с огромной $\approx 300\,000$ км/с, т. е. со скоростью света. С такой же скоростью проходит и электрический ток в проводнике. Однако каждый отдельный электрон движется в среднем по проводнику со скоростью несколько миллиметров или сантиметров в секунду (эта скорость зависит от напряженности электрического поля).



Чем же объяснить такую скорость распространения электрического тока? Причина в том, что каждый электрон находится в общем электронном потоке, заполняющем проводник, и при прохождении электрического тока испытывает непрерывное воздействие со стороны соседних электронов.



Поэтому, хотя сам электрон движется медленно, скорость передачи движения от одного электрона к другому (скорость распространения электрической энергии) будет огромна.

ЭЛЕКТРИЗАЦИЯ ТЕЛ. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД

Электричество, электрический ток, электрическая энергия — эти слова знакомы сейчас каждому.

Но что такое электричество? Какова его природа? Ответить на эти вопросы нелегко. Для этого надо ознакомиться с весьма значительным кругом явлений, которые мы называем электрическими. Рассмотрим сначала происхождение термина «электричество».

За несколько веков до нашей эры учёные древней Греции установили тот факт, что после натирания янтарных предметов к ним притягиваются лёгкие тела. По-гречески янтарь — электрон; от этого слова и произошло название «электричество».



ГИЛЬБЕРТ (Гилберт) (Gilbert) Уильям (1544—1603),

английский физик и врач.

лёгкие тела. Электризацию тел объясняли появлением на теле электричества, или электрического заряда.

В конце XVI столетия английский учёный Гильберт открыл, что, кроме янтаря, свойство притягивать лёгкие тела приобретают при трении и многие другие вещества, например, стекло, сера, смола. Явление возникновения таких свойств у тел было названо электризацией. Янтарь или любое другое вещество стали называть наэлектризованным, когда оно при трении приобретал

свойство притягивать к себе

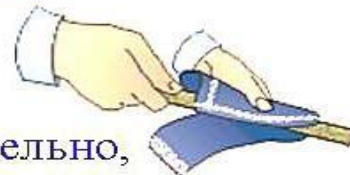
Электризация - процесс получения электрически заряженных тел из электронейтральных.

Электризация **трением:**

а) участвуют два тела;

б) оба заряжаются: одно- положительно, другое- отрицательно.

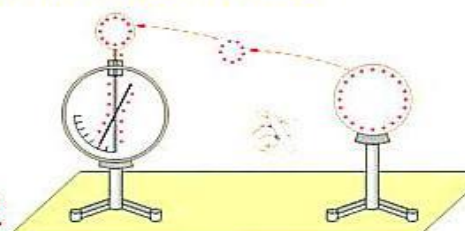
в) заряды обоих тел одинаковы по величине.



Электризация

соприкосновением с заряженным телом.

Электризация **через влияние** (электростатическая индукция).

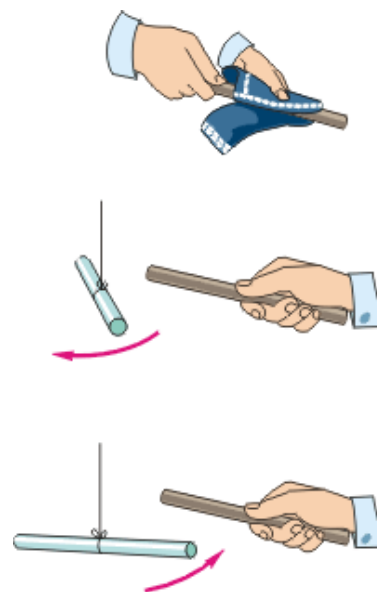


Чтобы наэлектризовать тело, необязательно натирать его другим телом; можно, например, прикоснуться к нему каким-нибудь предварительно наэлектризованным предметом. Прикоснувшись, например, стеклянной палочкой, потёртой о шёлк, к лёгкому пробковому шарик, подвешенному на шёлковой нити, мы наэлектризуем его.

Опыт показывает, что наэлектризованные тела притягивают или отталкивают друг друга.

Так, например, стеклянная палочка, наэлектризованная трением о шёлк, отталкивается от другой такой же наэлектризованной палочки и притягивается к наэлектризованной при трении о мех эбонитовой палочке.

На основании подобных опытов ученые пришли к заключению, что существует два рода электрических зарядов. Эти заряды противоположны друг другу в том смысле, что



наэлектризованное тело притягивается одним из них и отталкивается другим.

Одни из этих зарядов условно назвали положительными, другие — отрицательными. За положительный заряд принимается заряд, появляющийся при электризации стеклянной палочки трением о шёлк.

Заряд же, появляющийся на смоляной палочке (или каучуковой) при трении её о мех, назвали отрицательным зарядом. Наблюдения над взаимодействием наэлектризованных тел позволили установить, что **одноимённые заряды отталкиваются, а разноимённые притягиваются.**



На явлении взаимодействия наэлектризованных тел основано устройство электроскопов — приборов, служащих для обнаружения электризации тел. При прикосновении наэлектризованного тела к стержню электроскопа лёгкие листочки, подвешенные к стержню, отталкиваются друг от друга, так как заряжаются одноимёнными зарядами.



ФИЗИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

При движении свободных электронов в проводнике они сталкиваются на своем пути с положительными ионами, атомами и молекулами вещества, из которого выполнен проводник, и передают им часть своей энергии. При этом энергия движущихся электронов в результате столкновения их с атомами и молекулами частично выделяется и рассеивается в виде тепла, нагревающего проводник. Ввиду того что электроны, сталкиваясь с частицами проводника, преодолевают некоторое сопротивление движению, принято говорить, что проводники обладают электрическим сопротивлением.

Если сопротивление проводника мало, он сравнительно слабо нагревается током; если сопротивление велико, проводник может раскалиться. Провода, подводящие электрический ток к электрической плитке, почти не нагреваются, так как их сопротивление мало, а спираль плитки, обладающая большим сопротивлением, раскаляется докрасна. Еще сильнее нагревается нить электрической лампы.

За единицу сопротивления принят Ом. Сопротивлением 1 Ом обладает проводник, по которому проходит ток 1 А при разности потенциалов на его концах (напряжении), равной 1 В. Эталонем сопротивления 1 Ом служит столбик ртути длиной 106,3 см и площадью поперечного сечения 1 мм^2 при температуре $0 \text{ }^\circ\text{C}$. На практике часто сопротивления измеряют тысячами Ом — килоомами (кОм) или миллионами Ом — мегаомами (МОм). Сопротивление обозначают буквой $R(r)$.

Удельное электрическое сопротивление и проводимость. Атомы разных веществ оказывают прохождению электрического тока неодинаковое сопротивление. О способности отдельных веществ проводить электрический ток можно судить по их удельному электрическому сопротивлению ρ . За величину, характеризующую удельное сопротивление, обычно принимают

сопротивление куба с ребром 1 м. Удельное электрическое сопротивление измеряют в Ом·м.

Наименование материала	Удельное сопротивление ρ при 20 °С, Ом·мм ² /м	Температурный коэффициент сопротивления α , 1/°С
Серебро	0,016	0,0035
Медь техническая	0,0172—0,0182	0,0041
Алюминий	0,0295	0,0040
Сталь	0,125—0,146	0,0057
Манганин	0,40—0,52 (сплавы для резисторов и измерительных приборов)	0,00003
Константан		0,44 0,00005
Нихром	1,02—1,12 (сплавы для электронагревательных приборов и реостатов)	0,0001
Фехраль		1,18—1,47 0,0008

Проводниковые материалы применяют, главным образом, в виде проволоки, шин или лент, площадь поперечного сечения которых принято выражать в квадратных миллиметрах, а длину — в метрах. Поэтому для удельного электрического сопротивления подобных материалов и удельной электрической проводимости введены и другие единицы измерения: ρ измеряют в Ом·мм²/м (сопротивление проводника длиной 1 м и площадью поперечного сечения 1 мм²).

ЗАВИСИМОСТЬ СОПРОТИВЛЕНИЯ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ.

Электропроводность всех материалов зависит от их температуры. В металлических проводниках при нагревании размах и скорость колебаний атомов в кристаллической решетке металла увеличиваются, вследствие чего возрастает и сопротивление, которое они оказывают потоку электронов. При охлаждении происходит обратное явление: беспорядочное колебательное движение атомов в узлах кристаллической решетки уменьшается, сопротивление их потоку электронов понижается и электропроводность проводника возрастает.

ЗАКОН ОМА

Закон Ома для электрической цепи.

Согласно этому закону сила тока I в электрической цепи равна э. д. с. E источника, поделенной на сопротивление цепи. Полное сопротивление замкнутой электрической цепи можно представить в виде суммы сопротивления внешней цепи R (например, какого-либо приемника электрической энергии) и внутреннего сопротивления R_n источника. Поэтому сила тока $I = E / (R + R_0)$

Чем больше э. д. с. E источника и чем меньше сопротивление электрической цепи, тем больший ток проходит по этой цепи.

Закон Ома для участка электрической цепи.



Закон Ома может быть применен не только ко всей цепи, но и к любому ее участку. В этом случае э. д. с. E источника в формуле должна быть заменена разностью потенциалов между началом и концом рассматриваемого участка, т. е. напряжением U , а вместо сопротивления всей цепи в формулу должно быть подставлено сопротивление R данного участка. В этом случае закон Ома формулируется следующим образом. Сила тока I на данном участке электрической цепи равна напряжению U , приложенному к участку, поделенному на сопротивление R этого участка:

$$I = U/R.$$

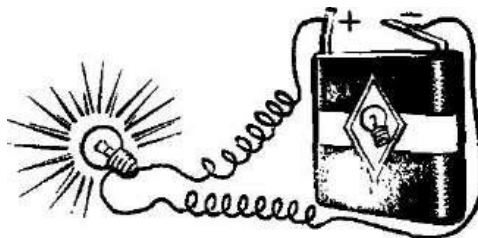
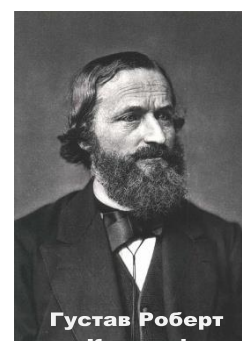


Схема простейшей электрической цепи

Прохождение электрического тока по проводникам полностью аналогично прохождению воды по трубам. Чем больше разность уровней воды при входе и выходе из трубы (напор) и чем больше поперечное сечение трубы, тем больше воды протекает сквозь трубу в единицу времени. Точно так же, чем больше разность электрических потенциалов (напряжение) на зажимах источника или приемника электрической энергии и чем меньше его сопротивление (т. е. чем больше площадь поперечного сечения проводника), тем больший ток проходит по нему.

ЗАКОНЫ КИРХГОФА

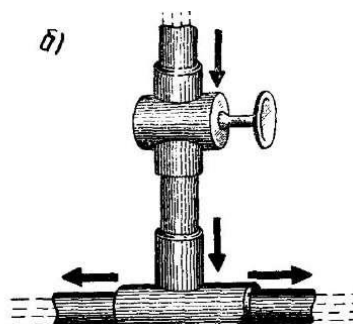
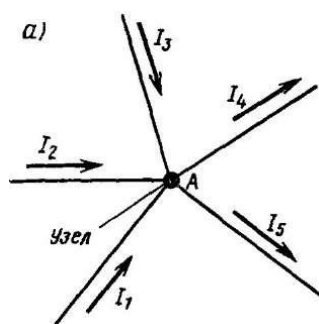
Закон Ома устанавливает зависимость между силой тока, напряжением и сопротивлением для простейшей электрической цепи, представляющей собой один замкнутый контур. В практике встречаются более сложные (разветвленные) электрические цепи, в которых имеются несколько замкнутых контуров и несколько узлов, к которым сходятся токи, проходящие по отдельным ветвям. Значения токов и напряжений для таких цепей можно находить при помощи законов Кирхгофа.



Первый закон Кирхгофа устанавливает зависимость между токами для узлов электрической цепи, к которым подходит несколько ветвей. Согласно этому закону *алгебраическая сумма токов ветвей, сходящихся в узле электрической цепи, равна нулю.*

$$\sum I = 0.$$

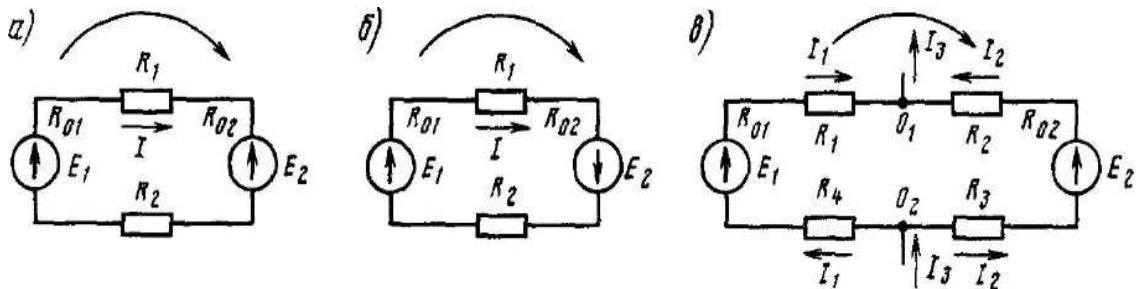
При этом токи, направленные к узлу, берут с одним знаком (например, положительным), а токи, направленные от узла, — с противоположным знаком (отрицательным).



Второй закон Кирхгофа устанавливает зависимость между э. д. с. и напряжением в замкнутой электрической цепи. Согласно этому закону во всяком замкнутом контуре алгебраическая сумма э. д. с. равна алгебраической сумме падений напряжения на сопротивлениях, входящих в этот контур:

$$\Sigma E = \Sigma IR.$$

При составлении формул, характеризующих второй закон Кирхгофа, значения э. д. с. и падений напряжений считают положительными, если направления э. д. с. и токов на соответствующих участках контура совпадают с произвольно выбранным направлением обхода контура. Если же направления э. д. с. и токов на соответствующих участках контура противоположны выбранному направлению обхода, то такие э. д. с. и падения напряжения считают отрицательными.



Схемы электрических цепей с несколькими источниками и приемниками электрической энергии: а и б — неразветвленных, в - разветвленной

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ, ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ И СМЕШАННОЕ СОЕДИНЕНИЯ РЕЗИСТОРОВ (ПРИЕМНИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ)

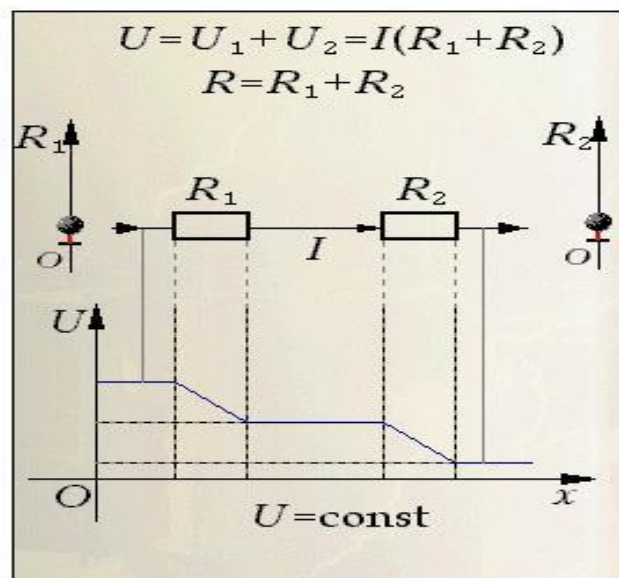
Значительное число приемников, включенных в электрическую цепь (электрические лампы, электронагревательные приборы и др.), можно

рассматривать как некоторые элементы, имеющие определенное сопротивление. Это обстоятельство дает нам возможность при составлении и изучении электрических схем заменять конкретные приемники резисторами с определенными сопротивлениями. Различают следующие способы соединения резисторов (приемников электрической энергии): последовательное, параллельное и смешанное.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ

При последовательном соединении нескольких резисторов конец первого резистора соединяют с началом второго, конец второго — с началом третьего и т. д. При таком соединении по всем элементам последовательной цепи проходит один и тот же ток. Следовательно, эквивалентное сопротивление последовательной цепи равно сумме сопротивлений всех последовательно соединенных резисторов.

Последовательное соединение проводников



Так как напряжения на отдельных участках цепи согласно закону Ома:

$E = U$, то для рассматриваемой цепи:

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

Следовательно, напряжение U на зажимах источника равно сумме напряжений на каждом из последовательно включенных резисторов.

Из указанных формул следует также, что напряжения распределяются между последовательно соединенными резисторами пропорционально их сопротивлениям:

$$U_1 : U_2 : U_3 = R_1 : R_2 : R_3,$$

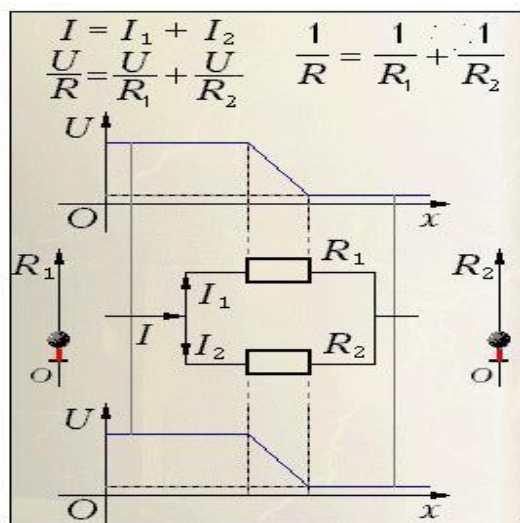
Соединять последовательно целесообразно только приемники с одинаковыми сопротивлениями. В противном случае приложенное напряжение источника электрической энергии распределяется между ними неравномерно и отдельные приемники могут оказаться под недопустимо высоким для них напряжением. Последовательно могут соединяться любые приемники, в частности электрические двигатели. На электровозах постоянного тока в начальный период разгона поезда тяговые двигатели включены последовательно. Этим достигается уменьшение напряжения, приходящегося на каждый двигатель. При последовательном соединении приемников изменение сопротивления одного из них тотчас же влечет за собой изменение напряжения на других связанных с ним приемниках. При выключении или обрыве электрической цепи в одном из приемников и в остальных приемниках прекращается ток. Поэтому последовательное соединение приемников применяют редко — только в том случае, когда напряжение источника электрической энергии больше номинального напряжения, на которое рассчитан потребитель.

ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ

При параллельном соединении нескольких приемников они включаются между двумя точками электрической цепи, образуя

параллельные ветви. При параллельном соединении ко всем резисторам приложено одинаковое напряжение U .

Параллельное соединение проводников



Поэтому согласно закону Ома:

$$I = U/R_1; I = U/R_2; I = U/R_3.$$

Ток в неразветвленной части цепи согласно первому закону Кирхгофа

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

Следовательно, эквивалентное сопротивление рассматриваемой цепи при параллельном соединении трех резисторов определяется формулой

$$1/R_{\text{эк}} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$$

Таким образом, при увеличении числа параллельно включаемых резисторов результирующая проводимость электрической цепи увеличивается, а результирующее сопротивление уменьшается.

Из приведенных формул следует, что токи распределяются между параллельными ветвями обратно пропорционально их электрическим сопротивлениям или прямо пропорционально их проводимостям.

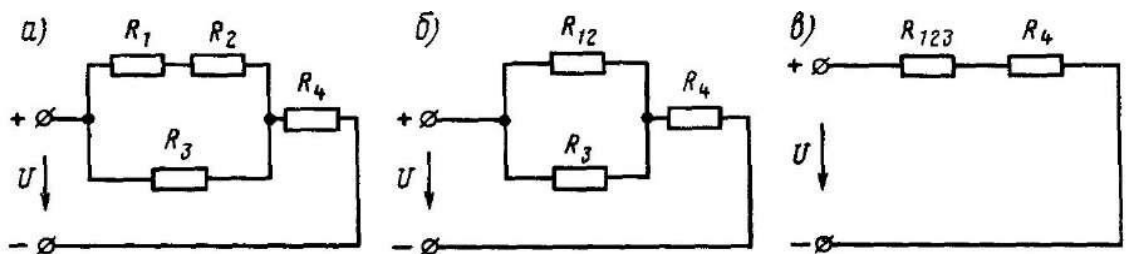
В этом отношении имеет место полная аналогия между распределением токов по отдельным ветвям и распределением потоков воды по трубам. При параллельном соединении приемников все они находятся под одним и тем же напряжением и режим работы каждого из них не зависит от остальных. Это означает, что ток, проходящий по какому-либо из

приемников, не будет оказывать существенного влияния на другие приемники. При всяком выключении или выходе из строя любого приемника остальные приемники остаются включенными. Поэтому параллельное соединение имеет существенные преимущества перед последовательным, вследствие чего оно получило наиболее широкое распространение. В частности, электрические лампы и двигатели, предназначенные для работы при определенном (номинальном) напряжении, всегда включают параллельно.

На электровозах постоянного тока и некоторых тепловозах тяговые двигатели в процессе регулирования скорости движения нужно включать под различные напряжения, поэтому они в процессе разгона переключаются с последовательного соединения на параллельное.

СМЕШАННОЕ СОЕДИНЕНИЕ

Смешанным соединением называется такое соединение, при котором часть резисторов включается последовательно, а часть — параллельно.



Схемы смешанного соединения приемников

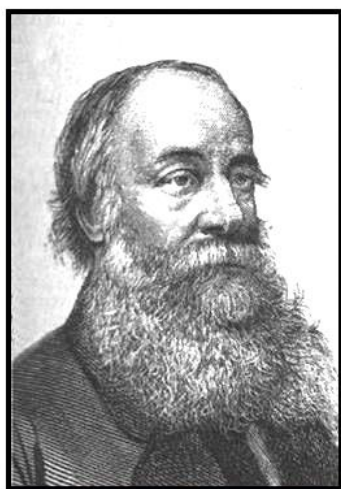
Эквивалентное сопротивление цепи при смешанном соединении обычно определяют методом преобразования, при котором сложную цепь последовательными этапами преобразовывают в простейшую. Затем определяют эквивалентное сопротивление параллельно включенных сопротивлений. Последовательное, параллельное и смешанное соединения широко применяют для изменения сопротивления пусковых реостатов.



Реостаты.

Закон Джоуля — Ленца (1840г)

При протекании тока по проводнику происходит превращение электрической энергии в тепловую, причём количество выделенного тепла будет равно работе электрических сил



Джеймс Прескотт Джоуль



Эмилий Христианович Ленц

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

В словесной формулировке Закон Джоуля-Ленца звучит следующим образом:

Мощность тепла, выделяемого в единице объёма среды при протекании электрического тока, пропорциональна произведению плотности электрического тока на величину напряженности электрического поля

Математически может быть выражен в следующей форме:

$$w = \vec{j} \cdot \vec{E} = \sigma E^2$$

где w — мощность выделения тепла в единице объёма, \vec{j} — плотность электрического тока, \vec{E} — напряжённость электрического поля, σ — проводимость среды, а точкой обозначено скалярное произведение.

Закон также может быть сформулирован в интегральной форме для случая протекания токов в тонких проводниках

Количество теплоты, выделяемое в единицу времени в рассматриваемом участке цепи, пропорционально произведению квадрата силы тока на этом участке и сопротивления участка

В интегральной форме этот закон имеет вид

$$dQ = I^2 R dt$$
$$Q = \int_{t_1}^{t_2} I^2 R dt$$

где dQ — количество теплоты, выделяемое за промежуток времени dt , I — сила тока, R — сопротивление, Q — полное количество теплоты, выделенное за промежуток времени от t_1 до t_2 . В случае постоянных силы тока и сопротивления:

$$Q = I^2 R t$$

Практическое значение

Снижение потерь энергии

При передаче электроэнергии тепловое действие тока является нежелательным, поскольку ведёт к потерям энергии. Поскольку передаваемая мощность линейно зависит как от напряжения, так и от силы тока, а мощность нагрева зависит от силы тока квадратично, то выгодно повышать напряжение перед передачей электроэнергии, понижая в результате силу тока. Однако, повышение напряжения снижает Электробезопасность линий электропередачи.

Для применения высокого напряжения в цепи для сохранения прежней мощности на полезной нагрузке приходится увеличивать сопротивление нагрузки. Подводящие провода и нагрузка соединены последовательно. Сопротивление проводов (R_w) можно считать постоянным. А вот сопротивление нагрузки (R_c) растёт при выборе более высокого напряжения в сети. Также растёт соотношение сопротивления нагрузки и сопротивления проводов. При последовательном включении сопротивлений (провод — нагрузка — провод) распределение выделяемой мощности (Q) пропорционально сопротивлению подключённых сопротивлений.

$$Q_w = R_w \cdot I^2$$

$$Q_c = R_c \cdot I^2$$

Ток в сети для всех сопротивлений постоянен. Следовательно, выполняются соотношение

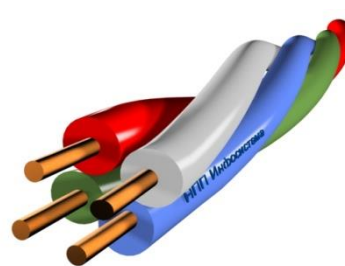
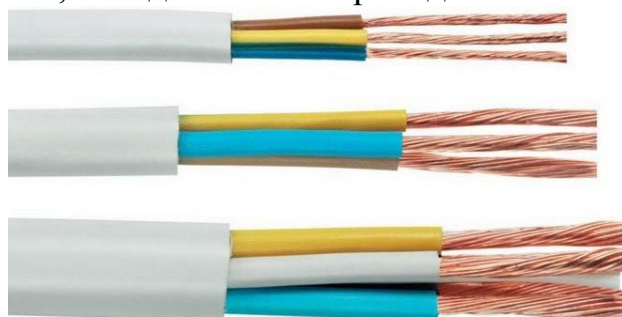
$$Q_c/Q_w = R_c/R_w$$

Q_c и R_w в каждом конкретном случае являются константами. Следовательно, мощность, выделяемая на проводах, обратно пропорциональна сопротивлению нагрузки, то есть уменьшается с ростом напряжения, так как

$R_c = V_c^2 / Q_c$. Откуда следует, что $Q_w = Q_c^2 \cdot R_w / V_c^2$. В каждом конкретном случае величина $Q_c^2 \cdot R_w$ является константой, следовательно, тепло выделяемое на проводе обратно пропорционально квадрату напряжения на потребителе.

Выбор проводов для цепей

Тепло, выделяемое проводником с



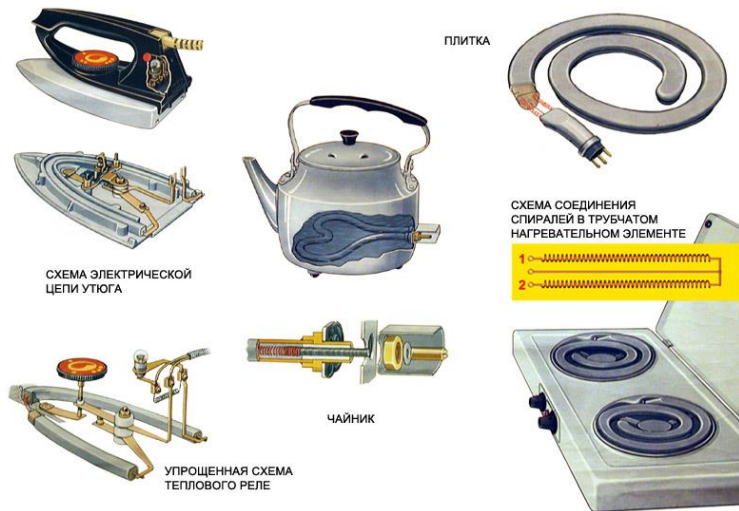
током, в той или иной степени выделяется в окружающую среду. В случае, если сила тока в выбранном проводнике превысит некоторое предельно допустимое значение, возможен столь сильный нагрев, что проводник может спровоцировать возгорание находящихся рядом с ним объектов или расплавиться сам. Как правило, при выборе проводов, предназначенных для сборки электрических цепей, достаточно следовать принятым нормативным документам, которые регламентируют выбор сечения проводников.

Электронагревательные приборы

Если сила тока одна и та же на всём протяжении электрической цепи, то в любом выбранном участке будет выделять тепла тем больше, чем выше сопротивление данного участка. За счёт сознательного увеличения сопротивления участка цепи можно добиться локализованного выделения тепла в этом участке. По этому принципу работают *электронагревательные приборы*. В них используется нагревательный элемент — проводник с высоким сопротивлением.

Повышение сопротивления достигается (совместно или по отдельности) выбором сплава с высоким удельным сопротивлением (например, нихром,

ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ



константан), увеличением длины проводника и уменьшением его поперечного сечения. Подводящие провода имеют обычное низкое сопротивление и поэтому их нагрев, как правило, незаметен.



Электрический предохранитель

Для защиты электрических цепей от протекания чрезмерно больших токов используется отрезок проводника со специальными характеристиками. Это

проводник относительно малого сечения и из такого сплава, что при



допустимых токах нагрев проводника не перегревает его, а при чрезмерно больших перегрев проводника столь значителен, что проводник расплавляется и размыкает цепь.