

ТЕМА 7. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

7.2 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ

7.2.1 Определение электрической цепи.

В электрической цепи должен быть источник движения электрически заряженных частиц, которое и называется электрическим током. Иными словами, электрический ток должен иметь своего возбудителя. Такой возбудитель тока, именуемый источником (генератором), является составным элементом электрической цепи.

Электрический ток может вызывать различные по характеру эффекты — так, он заставляет светиться лампочки накаливания, приводит в действие нагревательные приборы и электродвигатели. Все эти приборы и устройства принято называть приемниками электрического тока. Так как через них протекает ток, т. е. они включены в электрическую цепь, то приемники также являются элементами цепи.

Протекание тока требует, чтобы между источником и приемником существовала связь, которая и реализуется при помощи электрических проводов, представляющих собою третий важный составной элемент электрической цепи.

Электрическая цепь - совокупность устройств, предназначенных для прохождения электрического тока. Цепь образуется источниками энергии (генераторами), потребителями энергии (нагрузками), системами передачи энергии (проводами).

Электрическая цепь - совокупность устройств и объектов, образующих путь для электрического тока, электромагнитные процессы в которых могут быть описаны с помощью понятии об электродвижущей силе, токе и напряжении.

Простейшая электрическая установка состоит из источника (гальванического элемента, аккумулятора, генератора и т. п.), потребителей или приемников электрической энергии (ламп накаливания, электронагревательных приборов, электродвигателей и т. п.) и соединительных проводов, соединяющих зажимы источника напряжения с зажимами потребителя. Т.е. **электрическая цепь - совокупность соединенных между собой источников электрической энергии, приемников и соединяющих их проводов (линия передачи).**

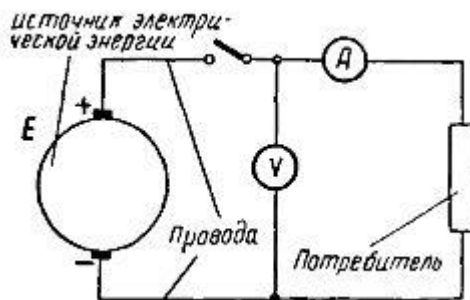


Рис.1. Схема электрической цепи

Электрическая цепь делится на внутреннюю и внешнюю части. К внутренней части электрической цепи относится сам источник электрической энергии. Во внешнюю часть цепи входят соединительные провода, потребители,

рубильники, выключатели, электроизмерительные приборы, т. е. все то, что присоединено к зажимам источника электрической энергии.

Электрический ток может протекать только по замкнутой электрической цепи. Разрыв цепи в любом месте вызывает прекращение электрического тока.

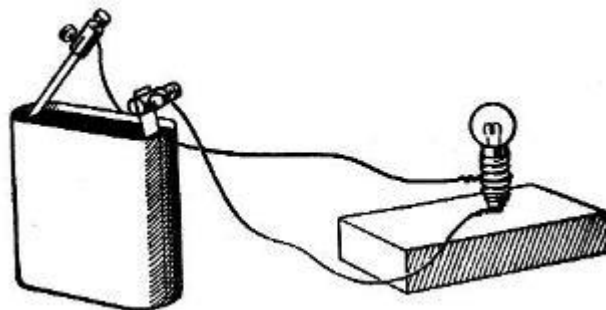
Под электрическими цепями постоянного тока в электротехнике подразумевают цепи, в которых ток не меняет своего направления, т. е. полярность источников ЭДС в которых постоянна.

Под электрическими цепями переменного тока имеют ввиду цепи, в которых протекает ток, который изменяется во времени (смотрите, переменный ток).

Источники питания цепи - это гальванические элементы, электрические аккумуляторы, электромеханические генераторы, термоэлектрические генераторы, фотоэлементы и др. В современной технике в качестве источников энергии применяют главным образом электрические генераторы. Все источники питания имеют внутреннее сопротивление значение которого невелико по сравнению с сопротивлением других элементов электрической цепи.

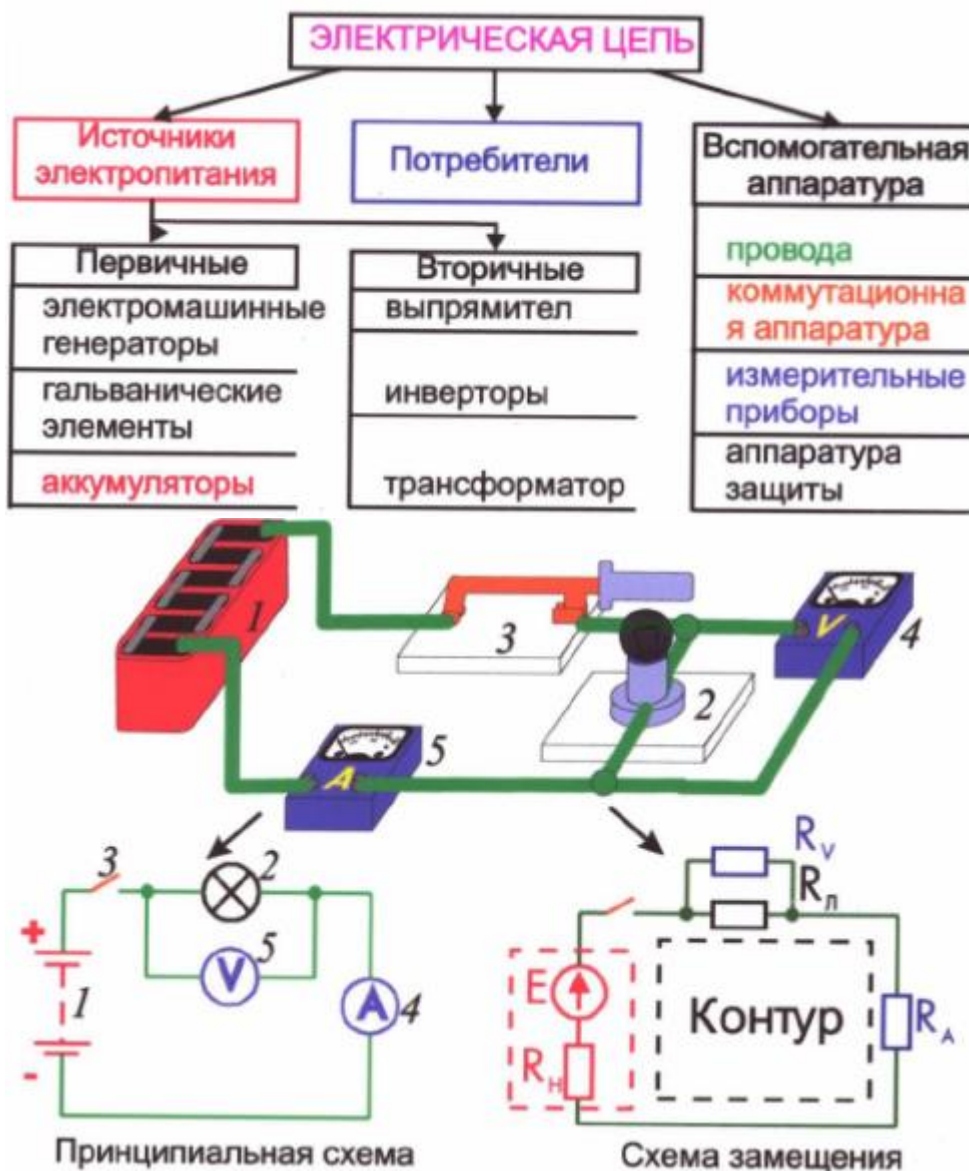
Электроприемниками постоянного тока являются электродвигатели, преобразующие электрическую энергию в механическую, нагревательные и осветительные приборы, электролизные установки и др.

В качестве вспомогательного оборудования в электрическую цепь входят аппараты для включения и отключения (например, рубильники), приборы для измерения электрических величин (например, амперметры и вольтметры), аппараты защиты (например, плавкие предохранители).



Все электроприемники характеризуются электрическими параметрами, среди которых основные - напряжение и мощность. Для нормальной работы электроприемника на его зажимах необходимо поддерживать номинальное напряжение.

Элементы электрической цепи делятся на активные и пассивные. К **активным элементам электрической цепи** относятся те, в которых индуцируется ЭДС (источники ЭДС, электродвигатели, аккумуляторы в процессе зарядки и т. п.). К **пассивным элементам** относятся электроприемники и соединительные провода.



Для условного изображения электрических цепей служат электрические схемы. На этих схемах источники, приемники, провода и все другие приборы и элементы электрической цепи обозначаются при помощи выполненных определенным образом условных знаков (графических обозначений).

Силовая электрическая цепь - электрическая цепь, содержащая элементы, функциональное назначение которых состоит в производстве или передаче основной части электрической энергии, ее распределении, преобразовании в другой вид энергии или в электрическую энергию с другими значениями параметров.

Вспомогательная цепь электротехнического изделия (устройства) - электрическая цепь различного функционального назначения, не являющаяся силовой электрической цепью электротехнического изделия (устройства).

Электрическая цепь управления - вспомогательная цепь электротехнического изделия (устройства), функциональное назначение которой состоит в приведении в действие электрооборудования и (или) отдельных электротехнических изделий или устройств или в изменении значений их параметров.

Электрическая цепь сигнализации - вспомогательная цепь электротехнического изделия (устройства), функциональное назначение которой состоит в приведении в действие сигнальных устройств.

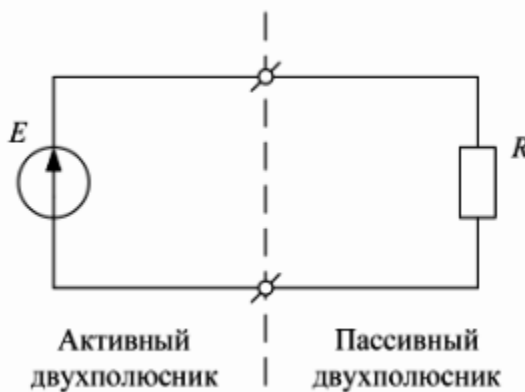
Электрическая цепь измерения - вспомогательная цепь электротехнического изделия (устройства), функциональное назначение которой состоит в измерении и (или) регистрации значений параметров и (или) получении информации измерений электротехнического изделия (устройства) или электрооборудования.

По топологическим особенностям электрические цепи подразделяют:

- на простые (одноконтурные), двухузловые и сложные (многоконтурные, многоузловые, планарные (плоскостные) и объемные);
- двухполюсные, имеющие два внешних вывода (двухполюсники и многополюсные, содержащие более двух внешних выводов (четырёхполюсники, многополюсники).

Источники и приемники (потребители) энергии с точки зрения теории цепей являются двухполюсниками, так как для их работы необходимо и достаточно двух полюсов, через которые они передают либо принимают энергию. Тот или иной двухполюсник называют активным, если он содержит источник, или пассивным - если он не содержит источник (соответственно, левая и правая части схемы).

Устройства, передающие энергию от источников к приемникам, являются четырехполюсниками, так как они должны обладать, по меньшей мере, четырьмя зажимами для передачи энергии от генератора к нагрузке. Простейшим устройством передачи энергии являются провода.



Активный и пассивный двухполюсники в электрической цепи



Обобщенная эквивалентная схема электрической цепи

Элементы электрической цепи, обладающие электрическим сопротивлением и называемые резисторами, характеризуются так называемой **вольт-амперной характеристикой** - зависимостью напряжения

на зажимах элемента от тока в нем или зависимостью тока в элементе от напряжения на его зажимах.

Если сопротивление элемента постоянно при любом значении тока в нем и любом значении приложенного к нему напряжения, то вольт-амперная характеристика прямая линия и такой элемент называется **линейным элементом**.

В общем случае **сопротивление зависит как от тока, так и от напряжения**. Одна из причин этого состоит в изменении сопротивления проводника при протекании по нему тока из-за его нагрева. При повышении температуры сопротивление проводника увеличивается. Но так как во многих случаях эта зависимость незначительна, элемент считают линейным.

Электрическая цепь, электрическое сопротивление участков которой не зависит от значений и направлений токов и напряжений в цепи, называется **линейной электрической цепью**. Такая цепь состоит только из линейных элементов, а ее состояние описывается линейными алгебраическими уравнениями.

Если сопротивление элемента цепи существенно зависит от тока или напряжения, то вольт-амперная характеристика носит нелинейный характер, а такой элемент называется **нелинейным элементом**.

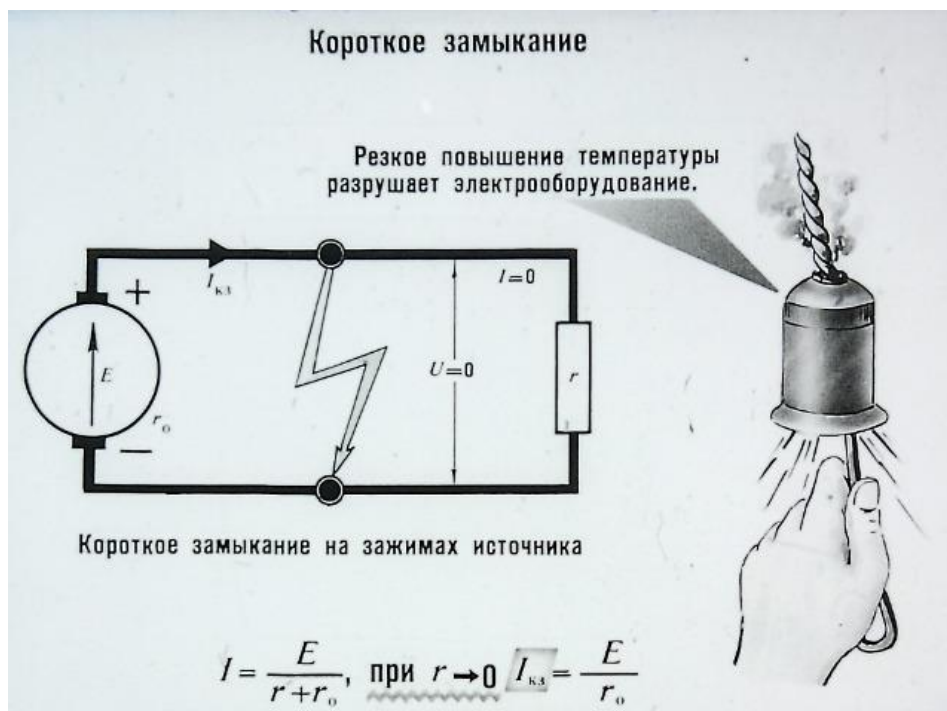
Электрическая цепь, электрическое сопротивление хотя бы одного из участков которой зависит от значений или от направлений токов и напряжений в этом участке цепи, называется нелинейной электрической цепью. Такая цепь содержит хотя бы один нелинейный элемент.

При описании свойств электрических цепей устанавливается связь между величинами электродвижущей силы (ЭДС), напряжений и токов в цепи с величинами сопротивлений, индуктивностей, емкостей и способом построения цепи.

При анализе электрических схем пользуются следующими топологическими параметрами схем:

- **ветвь** — участок электрической цепи, вдоль которого протекает один и тот же электрический ток;
- **узел** — место соединения ветвей электрической цепи. Обычно место, где соединены две ветви, называют не узлом, а соединением (или устранимым узлом), а узел соединяет не менее трех ветвей;
- **контур** — последовательность ветвей электрической цепи, образующая замкнутый путь, в которой один из узлов одновременно является началом и концом пути, а остальные встречаются только один раз.

7.2.2 Электрические и магнитные цепи постоянного электрического тока.



Основными элементами цепи являются **источники и приемники электрической энергии** (сигналов). Электротехнические устройства, производящие **электрическую энергию**, называются генераторами или **источниками электрической энергии**, а устройства, потребляющие ее – **приемниками** (потребителями) **электрической энергии**.

Основными элементами **цепи** являются **источники и приемники электрической энергии** (сигналов). Электротехнические устройства, производящие **электрическую энергию**, называются генераторами или **источниками электрической энергии**, а устройства, потребляющие ее – **приемниками** (потребителями) **электрической энергии**.

Схема электрической цепи – это графическое представление изображения электрической цепи, которая содержит условные обозначения элементов и соединение этих элементов. Условные обозначения в электрических схемах установлены стандартами системы ЕСКД. Различают последовательное и параллельное соединение элементов в схемах и электрических цепях. Сложные электрические схемы образуются в результате включения групп элементов, соединенных между собой последовательно или параллельно.

7.2.2 Параметры электрических цепей

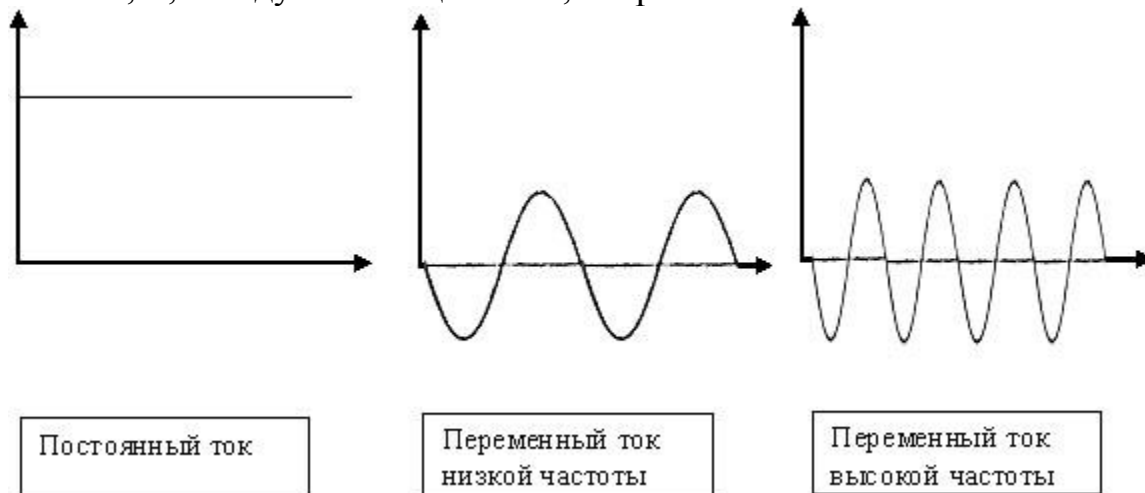
Параметрами электрической цепи являются R, L, C:

- R – сопротивление,
- L – индуктивность,
- C – емкость,

Любой элемент электрической цепи обладает сопротивлением, емкостью и индуктивностью. Это неотъемлемое свойство как цвет, вес, и т.п.

Любая электрическая цепь, даже простейшая, обладает сопротивлением, емкостью и индуктивностью, поэтому параметры цепи – это ее сопротивление, индуктивность и емкость.

Сопротивление – это свойство сопротивляться электрическому току. Цепь состоит из источника, приемников и других элементов, которые сопротивляются току, однако, ведут они себя по разному. Это зависит от того переменный ток или постоянный, и если переменный, то зависит от частоты. Элементы R, L, C ведут себя в цепи как, сопротивления



Сопротивление R - оказывает сопротивление и переменному и постоянному току и величина этого сопротивления не меняется.

Индуктивность L - оказывает сопротивление переменному току и пропускает постоянный ток. Сопротивление индуктивности изменяется при изменении частоты, чем выше частота, тем больше сопротивление.

Емкость C - оказывает сопротивление постоянному току и пропускает переменный ток. Сопротивление емкости изменяется, чем выше частота, тем меньше сопротивление

Сопротивление – элемент, на котором происходит превращение энергии электрического тока в тепло.

$$U = RI \quad R = U/I$$

Сопротивление – коэффициент пропорциональности между напряжением и током.
При данном токе, напряжение получается тем больше, чем больше сопротивление.

Емкость – элемент, в котором накапливается энергия электрического поля.

$$q = CU \quad C = q/U$$

Емкость – коэффициент пропорциональности между зарядом и напряжением

При данном напряжении, заряд получится тем больше, чем больше емкость

Индуктивность – элемент, в котором накапливается энергия магнитного поля.

$$\Phi = LI \quad L = \Phi/I$$

Индуктивность – коэффициент пропорциональности между магнитным потоком и током.

При данном токе, магнитный поток получается тем больше, чем больше индуктивность

R, L и C являются пассивными элементами электрических схем, то есть, они лишь определяют значение токов в ветвях, но не могут эти токи изменять.

Каждый из параметров R , L , C может быть определен на основании геометрических параметров с учетом свойств среды и материалов. Это позволяет изготавливать их в виде отдельных элементов с заранее заданными значениями R , L , и C .

Если в цепи нужно сопротивление, то применяется Резистор.

Резистор – сопротивление, оформленное в виде отдельного элемента, с гарантированным значением сопротивления. Если в цепи нужна емкость, то применяют конденсатор.

Конденсатор - емкость, оформленная в виде отдельного элемента с гарантированным значением емкости.

Если в цепи нужна индуктивность, применяют катушку, дроссель или контур

Катушка (контур), индуктивность оформленная в виде отдельного элемента, с гарантированным значением индуктивности.

Резисторы применяются для ограничения постоянных и переменных токов, а также для выделения тепла.

Конденсаторы применяются для того, чтобы пропускать переменный ток и не пропускать постоянный ток.

Индуктивности применяются для того, чтобы пропускать постоянный ток и не пропускать переменный ток.

Сочетания R , L и C позволяют делать электрические и электронные схемы с любыми заданными свойствами.

Свойствами R , L и C обладают любые элементы электрических цепей. У резистора всегда есть небольшая емкость и индуктивность, у конденсатора всегда есть признаки индуктивности и сопротивления, у катушки всегда есть сопротивление и признаки емкости. Провода всегда обладают сопротивлением, емкостью и индуктивностью, транзисторы проявляют сильные свойства емкости и т. д. Почти всегда неосновные свойства элемента являются нежелательными, например емкости транзисторов или сопротивление катушки, но они есть и, значит, в анализе электрических цепей их надо учитывать.

Магнитная цепь — последовательность взаимосвязанных магнетиков, по которым проходит магнитный поток. При расчётах **магнитных цепей** используется почти полная формальная аналогия с электрическими **цепями**. В схожем математическом аппарате также присутствует закон Ома, правила Кирхгофа и другие термины и закономерности.

Цепь переменного тока – это такая **цепь**, в которой источники ЭДС или источники **тока** вырабатывают изменяющийся во времени **ток**, причем эти ЭДС или токи могут быть однополярными (рис. ... Принято считать синусоидально изменяющуюся во времени величину **переменной**. Так, ЭДС: $e(t) = E_m \sin(\omega t + \varphi)$ называют **переменной**.

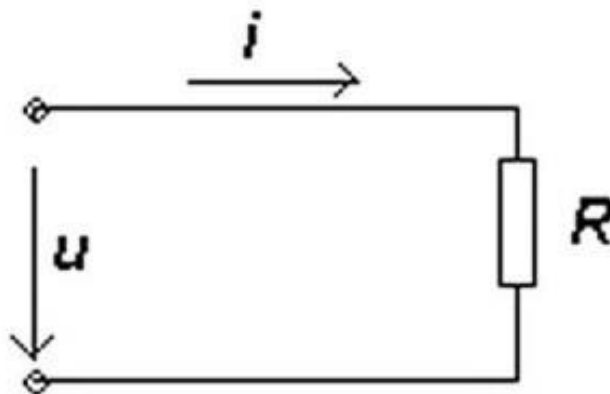
Активное и реактивное сопротивление — сопротивлением в электротехнике называется величина, которая характеризует противодействие части цепи электрическому току. Это сопротивление образовано путем изменения электрической энергии в другие типы энергии. В сетях переменного тока имеется необратимое изменение энергии и передача энергии между участниками электрической цепи.

При необратимом изменении электроэнергии компонента цепи в другие

типы энергии, сопротивление элемента является активным. При осуществлении обменного процесса электроэнергией между компонентом цепи и источником, то сопротивление реактивное.

Активное сопротивление

В цепи действия напряжения и тока, создает противодействие, снижения напряжения на активном сопротивлении. Падение напряжения, созданное током и оказывающее противодействие ему, пропорционально активному сопротивлению.



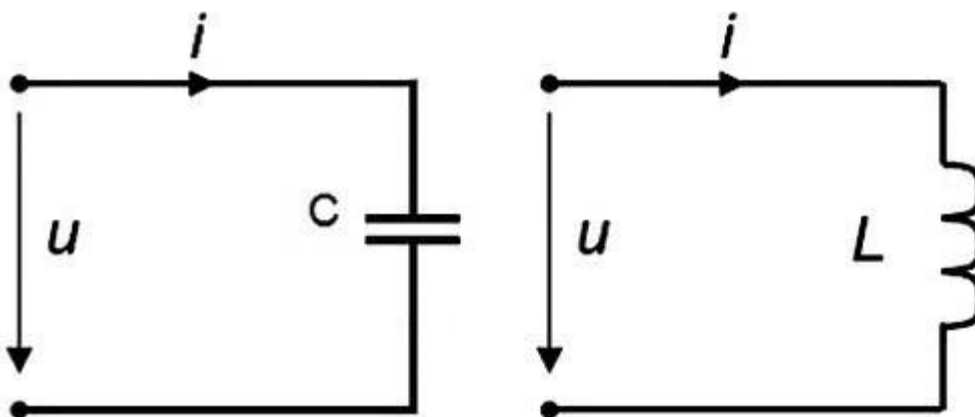
При протекании тока по компонентам с активным сопротивлением, снижение мощности становится необратимым. Можно рассмотреть резистор, на котором выделяется тепло. Выделенное тепло не превращается обратно в электроэнергию. Активное сопротивление, также может иметь линия передачи электроэнергии, соединительные кабели, проводники, катушки трансформаторов, обмотки электромотора и т.д.

Отличительным признаком элементов цепи, которые обладают только активной составляющей сопротивления, является совпадение напряжения и тока по фазе. Это сопротивление вычисляется по формуле:

$R = U/I$, где R – сопротивление элемента, U – напряжение на нем, I – сила тока, протекающего через элемент цепи.

На активное сопротивление влияют свойства и параметры проводника: температура, поперечное сечение, материал, длина.

Реактивное сопротивление



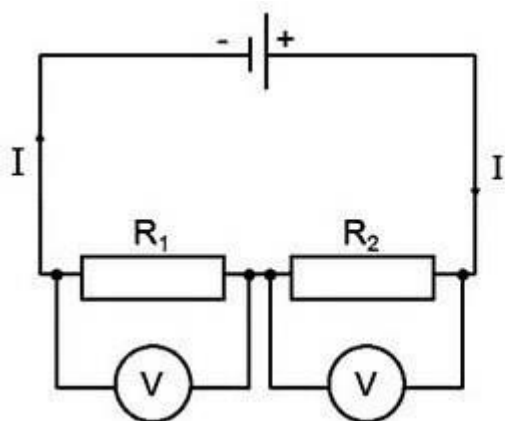
Тип сопротивления, определяющий соотношение напряжения и тока на емкостной и индуктивной нагрузке, не обусловленное количеством израсходованной электроэнергии, называется реактивным сопротивлением. Оно

имеет место только при переменном токе, и может иметь отрицательное и положительное значение, в зависимости от направления сдвига фаз тока и напряжения. При отставании тока от напряжения величина реактивной составляющей сопротивления имеет положительное значение, а если отстает напряжение от тока, то реактивное сопротивление имеет знак минус.

Последовательное соединение

При таком соединении проводники соединяются друг с другом последовательно, то есть, начало одного проводника будет соединяться с концом другого. Основная особенность данного соединения заключается в том, что все проводники принадлежат одному проводу, нет никаких разветвлений. Через каждый из проводников будет протекать один и тот же электрический ток. Но суммарное напряжение на проводниках будет равняться вместе взятым напряжениям на каждом из них.

Рассмотрим некоторое количество резисторов, соединенных последовательно. Так как нет разветвлений, то количество проходящего заряда через один проводник, будет равно количеству заряда, прошедшего через другой проводник. Силы тока на всех проводниках будут одинаковыми. Это основная особенность данного соединения.



$$I = I_1 = I_2$$

$$U = U_1 + U_2$$

$$R = R_1 + R_2$$

Это соединение можно рассмотреть иначе. Все резисторы можно заменить одним эквивалентным резистором.

Ток на эквивалентном резисторе будет совпадать с общим током, протекающим через все резисторы. Эквивалентное общее напряжение будет складываться из напряжений на каждом резисторе. Это является разностью потенциалов на резисторе.

Если воспользоваться этими правилами и законом Ома, который подходит для каждого резистора, можно доказать, что сопротивление эквивалентного общего резистора будет равно сумме сопротивлений. Следствием первых двух правил будет являться третье правило.

Применение

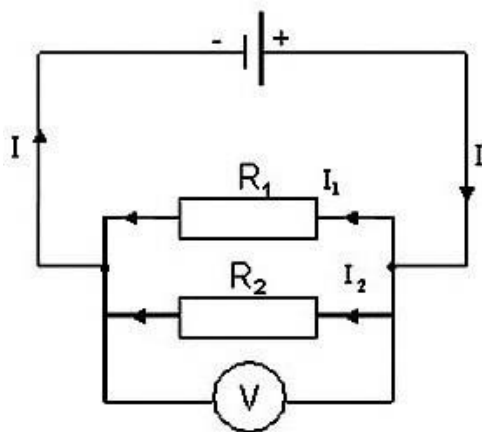
Последовательное соединение используется, когда нужно целенаправленно включать или выключать какой-либо прибор, выключатель соединяют с ним по последовательной схеме. Например, электрический звонок будет звенеть только тогда, когда он будет последовательно соединен с источником и кнопкой. Согласно первому правилу, если электрический ток отсутствует хотя бы на одном из проводников, то его не будет и на других проводниках. И наоборот, если ток имеется хотя бы на одном проводнике, то он будет и на всех других проводниках. Также работает карманный фонарик, в котором есть кнопка, батарейка и

лампочка. Все эти элементы необходимо соединить последовательно, так как нужно, чтобы фонарик светил, когда будет нажата кнопка.

Иногда последовательное соединение не приводит к нужным целям. Например, в квартире, где много люстр, лампочек и других устройств, не следует все лампы и устройства соединять последовательно, так как никогда не требуется одновременно включать свет в каждой из комнат квартиры. Для этого последовательное и параллельное соединение рассматривают отдельно, и для подключения осветительных приборов в квартире применяют параллельный вид схемы.

Параллельное соединение

В этом виде схемы все проводники соединяются параллельно друг с другом. Все начала проводников объединены в одну точку, и все концы также соединены вместе. Рассмотрим некоторое количество однородных проводников (резисторов), соединенных по параллельной схеме.



$$I = I_1 + I_2$$

$$U = U_1 = U_2$$

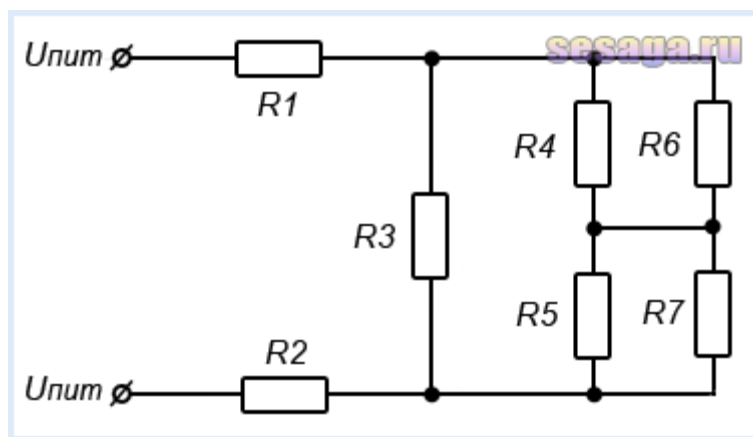
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Этот вид соединения является разветвленным. В каждой ветви содержится по одному резистору. Электрический ток, дойдя до точки разветвления, разделяется на каждый резистор, и будет равняться сумме токов на всех сопротивлениях. Напряжение на всех элементах, соединенных параллельно, является одинаковым.

Все резисторы можно заменить одним эквивалентным резистором. Если воспользоваться законом Ома, можно получить выражение сопротивления. Если при последовательном соединении сопротивления складывались, то при параллельном будут складываться величины обратные им, как записано в формуле выше.

Смешанное соединение резисторов представляет собой сложную электрическую цепь, в которой часть резисторов соединена последовательно, а часть параллельно.



7.2.3 Трехфазные электрические цепи. Основные понятия и определения

Трехфазная цепь является частным случаем многофазных систем электрических цепей, представляющих собой совокупность электрических цепей, в которых действуют синусоидальные ЭДС одинаковой частоты, отличающиеся по фазе одна от другой и создаваемые общим источником энергии.

Каждую из частей многофазной системы, характеризующуюся одинаковым током, принято называть фазой. Таким образом, понятие "фаза" имеет в электротехнике два значения: первое – аргумент синусоидально изменяющейся величины, второе – часть многофазной системы электрических цепей. Цепи в зависимости от количества фаз называют двухфазными, трехфазными, шестифазными и т.п.

Трехфазные цепи – наиболее распространенные в современной электроэнергетике. Это объясняется рядом их преимуществ по сравнению как с однофазными, так и с другими многофазными цепями:

- экономичность производства и передачи энергии по сравнению с однофазными цепями;
- возможность сравнительно простого получения кругового вращающегося магнитного поля, необходимого для трехфазного асинхронного двигателя;
- возможность получения в одной установке двух эксплуатационных напряжений – фазного и линейного.

Трехфазная цепь состоит из трех основных элементов: трехфазного генератора, в котором механическая энергия преобразуется в электрическую с трехфазной системой ЭДС; линии передачи со всем необходимым оборудованием; приемников (потребителей), которые могут быть как трехфазными (например, трехфазные асинхронные двигатели), так и однофазными (например, лампы накаливания).