# Электрические цепи постоянного тока. Электрический ток, сопротивление и проводимость. Электрическая мощность и работа электрического тока

Теоретическое занятие

Специальность: 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям)

МДК 01.01 Подготовка и выполнение вспомогательных работ по техническому обслуживанию и ремонту контактной сети, воздушных линий электропередачи

Тема 2.1 Электрические цепи постоянного тока. Электрический ток, сопротивление и проводимость Электрическая мощность и работа электрического тока

Преподаватель: Рутенко А.В.

2022

# Электрические цепи постоянного тока. Электрический ток, сопротивление и проводимость. Электрическая мощность и работа электрического тока

Основными параметрами, характеризующими электрическую энергию, являются ток и напряжение, которые могут изменяться во времени по периодическому закону, либо быть постоянными. Соответственно все устройства и системы, связанные с использованием электроэнергии, разделяют на устройства (системы) постоянного тока и устройства (системы) переменного тока. Первым генератором электрического тока был электрохимический генератор постоянного тока – «вольтов столб» /1799 г./. С этого времени до 70-х годов XIX века электротехника развязалась как техника постоянного тока. Однако, с развитием в конце XIX века техники переменного тока, источники постоянного тока отошли на второй план.

Производство, передача, распределение и использование электрической энергии стало осуществляться в основном посредством устройств переменно тока. Несмотря на это, электрические устройства постоянного тока используются довольно широко. Это источники питания технологических установок, которые не могут работать на переменном токе (электролиз, гальванические установки). Устройства постоянного тока широко используются в электрооборудования космических объектов, транспорта, в системах автоматики, для питания теле- и радиоаппаратуры.

В настоящее время ученым приходится вновь возвращаться к идее передачи электроэнергии постоянным током. Оказывается, ЛЭП постоянного тока при передаче электроэнергии на сверхдальние расстояния более экономичны, чем ЛЭП переменного тока, так как обладают меньшими потерями мощности, сооружения их проще и дешевле, несмотря на необходимость установки двух преобразовательных подстанций (в начале и в конце линии). Кроме того, применение ЛЭП постоянного тока упрощает связь энергосистем и допускает их работу в несинхронном режиме. Таким образом, техника постоянного

электрического тока и в настоящее время является важной и развивающейся частью электроэнергетики.

Электрическая цепь и её элементы. Электрическая цепь — это совокупность электротехнических устройств, предназначенных для генерирования, передачи и преобразования электрической энергии, соединенные между собой электрическими проводами. Например, аккумуляторная батарея, лампа и выключатель, соединенные между собой проводами, образуют электрическую цепь.

Отдельные электротехнические устройства, образующие электрическую цепь, называются элементами электрической цепи и делятся на 3 группы:

1. Генерирующие устройства (источники электрической энергии) – это элементы электрической цепи, преобразующие различные виды энергии (тепловую, химическую, световую, механическую) в электрическую энергию.

2. Приемные устройства (приемники электрической энергии) – это элементы электрической цепи, преобразующие электрическую энергию в другие виды энергии.

3. Вспомогательные устройства – это элементы электрической цепи, которые предназначены для управления, регулирования режимов работы, защиты, контроля и измерения параметров в электрической цепи и не связаны непосредственно с основным преобразованием энергии.

Все электротехнические устройства, являющиеся элементами электрических цепей, имеют условные графические обозначения, установленные ГОСТом. Эти условные графические обозначения позволяют графически изображать электрическую цепь. Такое графическое изображение электрической цепи, содержащее условные изображения её элементов и показывающее их соединение, называется принципиальной схемой или схемой электрической цепи.

Электрической цепью называется совокупность соединённых друг с другом источников электрической энергии и приёмников электрической энергии (потребителей, нагрузок). Источники называют активными, а приёмники – пассивными элементами цепи. Постоянным током называется ток, неизменный во

времени. Источниками постоянного тока могут быть генераторы, аккумуляторы, гальванические элементы, термопары, фотоэлементы и др. В них электрическая энергия получается путём преобразования других видов энергии: механической, химической, тепловой, лучистой. Приёмниками могут быть электрические двигатели, электролизные установки, аккумуляторы во время зарядки, электромагниты, осветительные лампы и другие устройства, в которых электрическая энергия преобразуется в другие виды энергии - механическую (электродвигатели), химическую (аккумуляторы), тепловую (электропечи), световую (осветительные приборы).

Постоянный ток обозначается буквой /, ЭДС источника - E, сопротивление - R. В международной системе единиц (СИ) ток измеряется в амперах (А)[1], ЭДС - в вольтах (В)[2], сопротивление - в омах (Ом)[3]. В простейшем случае электрическая цепь состоит из одного источника E, одного приёмника R и двух соединительных проводов (рис. 1). Графически электрическую цепь изображают в виде так называемой схемы замещения, на которой элементы цепи показывают условно: источник - окружностью со стрелкой внутри, которая указывает положительное направление ЭДС или тока, сопротивление - прямоугольником, соединительные провода - отрезками прямых. Приёмник энергии и провода, соединяющие приёмник с источником, называют внешней частью электрической цепи или внешней цепью. Во внешней цепи ток течёт от плюса источника к минусу, а внутри источника - от минуса к плюсу. Зависимость тока, протекающего по сопротивлению, от напряжения на этом сопротивлении называется вольтамперной характеристикой. Различают два принципиально отличных типа вольтамперных характеристик: в первом случае она представляет собой прямую линию (рис. 2 а), во втором - некоторую кривую линию (рис. 2 б).

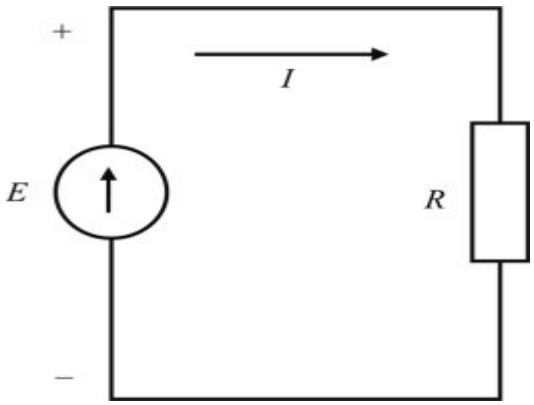



Рисунок 1. Простая электрическая цепь

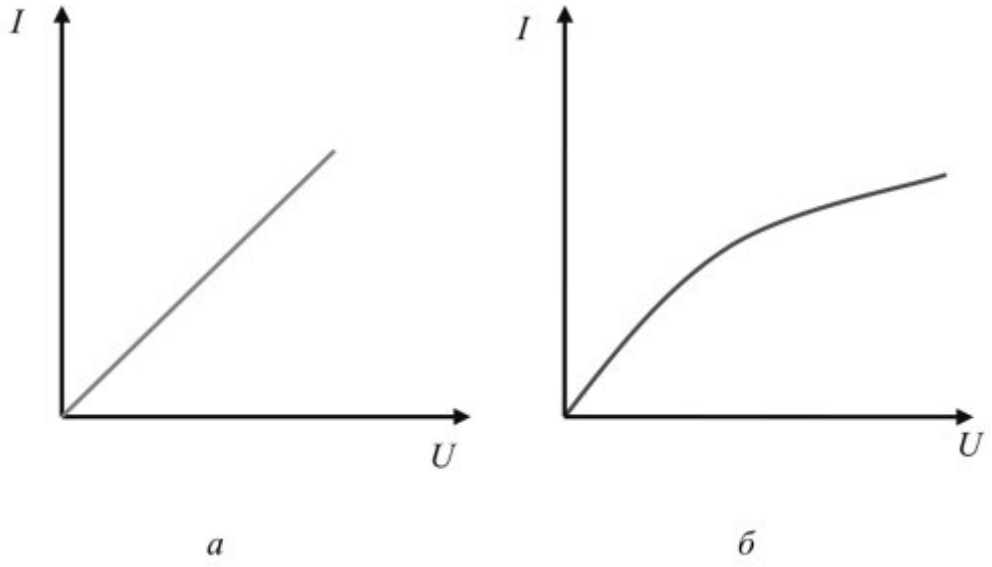



Рисунок 2. Вольтамперные характеристики элементов:
а - линейная; б – нелинейная.

Сопротивления, вольтамперные характеристики которых являются прямыми линиями, называют линейными сопротивлениями, а электрические цепи только с линейными сопротивлениями – линейными электрическими цепями. Сопротивления, вольтамперные характеристики которых не являются прямыми линиями (т.е. нелинейные), называют нелинейными сопротивлениями, а электрические цепи с нелинейными сопротивлениями – нелинейными электрическими цепями. При расчёте и анализе электрических цепей источник

электрической энергии заменяют расчётным эквивалентом. В качестве такого эквивалента может быть:

1) либо источник ЭДС с последовательно включенным с ним сопротивлением RB, равным внутреннему сопротивлению реального источника энергии (рис. 3 а);

2) либо источник тока с параллельно включенным с ним сопротивлением RB, равным внутреннему сопротивлению реального источника энергии (рис. 3 б).

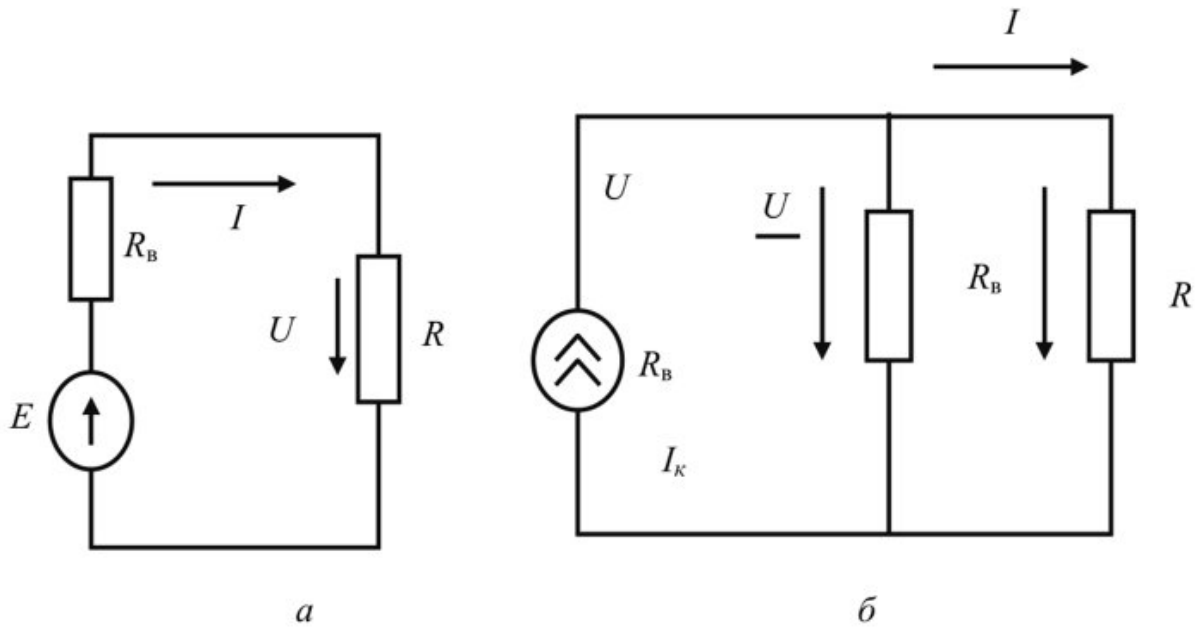



Рисунок 3. Схема включения источников электрической энергии:
а - ЭДС; б – тока.

Под источником ЭДС понимают такой идеализированный источник питания, ЭДС которого постоянна, не зависит от величины протекающего через него тока и равна ЭДС реального источника энергии. Внутреннее сопротивление этого идеализированного источника питания равно нулю. Под источником тока понимают такой идеализированный источник питания, который даёт ток /к, не зависящий от величины нагрузки R и равный частному от деления ЭДС реального источника на его внутреннее сопротивление (7В = Е / RB). Ток в нагрузке R в обоих источниках будет одинаков и равен. Для схемы рис. 3 а это совершенно очевидно. В схеме рис. 3 б ток /к источника тока распределяется обратно пропорционально

сопротивлениям двух параллельных ветвей с сопротивлениями RB и R. Ток в нагрузке:

$$I = E/ (R + R_{в}).$$

Для схемы рис. 3 а это совершенно очевидно. В схеме рис. 3 б ток /к источника тока распределяется обратно пропорционально сопротивлениям двух параллельных ветвей с сопротивлениями RB и R.

Ток в нагрузке:

$$I = I_{к} \frac{R_{в}}{R + R_{в}} = \frac{E}{R_{в}} \frac{R_{в}}{R + R_{в}} = \frac{E}{R + R_{в}}.$$

Таким образом, безразлично, каким из источников пользоваться при расчётах. Однако в дальнейшем будем пользоваться источником ЭДС. Следует отметить, что схема на рис. 3 б эквивалентна схеме на рис. 3 а только в отношении энергии, выделяющейся в сопротивлении нагрузки R, но не эквивалентна ей в отношении энергии, выделяющейся во внутреннем сопротивлении RB источника питания. Так как внутренние потери в источнике тока больше, чем в источнике ЭДС, мощность источника тока будет больше мощности источника ЭДС при одинаковой мощности, отдаваемой во внешнюю цепь. Развиваемая идеальным источником ЭДС мощность является реальной электрической мощностью, характеризующей процесс преобразования какого-либо вида энергии в электрическую энергию. Схема замещения с источником тока является расчётной схемой, применяемой для участков, лежащих вне замещаемых источников. Реальные источники ЭДС работают в режимах, близких к режиму идеального источника ЭДС (U «Е»), когда внутренние сопротивления источников малы по сравнению с сопротивлениями приёмников, т. е. когда источники работают в режимах, близких к режиму холостого хода. Реальные источники работают в режимах, близких к режиму идеального источника тока, когда ток источника мало зависит от напряжения, т. е. когда источник работает в режиме, близком

к режиму короткого замыкания. Сопротивление приёмника в этом случае будет мало по сравнению с внутренним сопротивлением источника ЭДС. Электрические цепи бывают не разветвлёнными и разветвлёнными. В не разветвлённой цепи ток во всех её элементах (участках) один и тот же. Простейшая не разветвлённая цепь изображена на рис. 1. Если же цепь содержит участки с различными токами, она называется разветвлённой. Примером разветвлённой цепи может служить цепь на рис. 4 а.

При расчёте разветвлённых цепей пользуются понятиями «узел», «ветвь», «контур цепи».

Узел цепи – это такая её точка, в которой сходятся не менее трёх токов. На рис. 4 а точки 1 и 2 являются узлами. Если в месте пересечения двух линий на электрической схеме поставлена точка, то в этом месте есть электрическое соединение двух линий (рис. 4 б); если точки нет, то нет и электрического соединения (рис. 4 в).

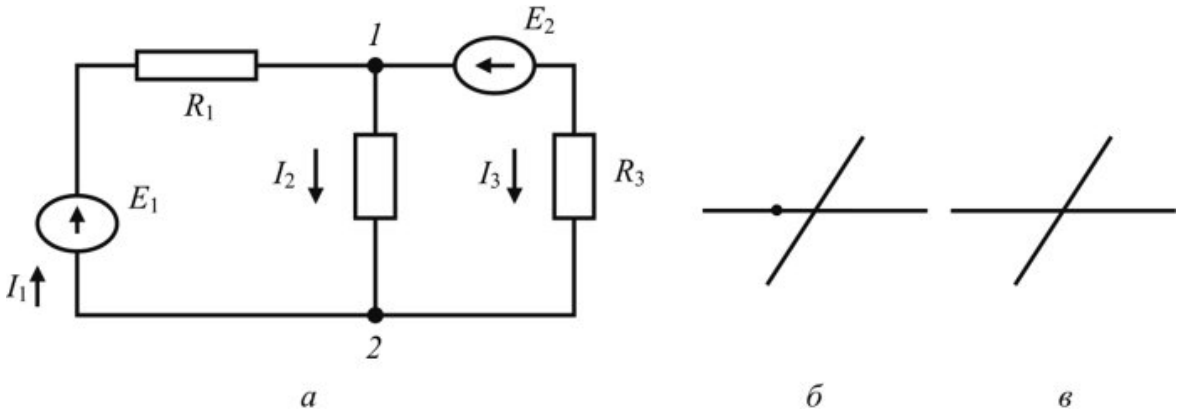



Рисунок 4. Разветвленная цепь соединения элементов

Ветвь — это участок цепи, заключённый между двумя узлами, на всём протяжении которого ток один и тот же. Схема на рис. 4 а содержит три ветви: 1-3-2, 1-2, 1-4-2.

Контур - замкнутая часть схемы, которая представляет собой неразветвленную цепь, если отключить все не входящие в неё ветви. В цепи на рис. 1.4, а можно выделить такие контуры: 1-2-3-1, 1-4-2-1, 1-4-2-3-1.

[1] Ампер Андре Мари (1775-1836), французский физик и математик, член Парижской академии наук (с 1814 г.). В 1820 г. установил один из законов электродинамики - закон взаимодействия (притяжения и отталкивания электрических токов), предложил первую гипотезу для объяснения магнитных свойств вещества.

[2] Вольта Александр (1745-1827), итальянский физик и физиолог. Один из основателей учения об электрическом токе. Создал первый гальванический элемент и первую батарею гальванических элементов.

[3] Ом Георг Симон (1787-1854), немецкий физик. В 1826-1827 гг. установил в электротехнике закон Ома. Автор работ по акустике[1].

[1] Новиков Ю.Н. Электрические цепи и сигналы: учебное пособие для СПО. – 2-е изд., стер. – СПб: Лань, 2022.

# Список использованной литературы

1. Лебедев В.А. Введение в энергетику: учебное пособие для СПО. СПб.: Лань, 2021. – 140 с.

2. Новиков Ю.Н. Электрические цепи и сигналы: учебное пособие для СПО. – 2-е изд., стер. – СПб: Лань, 2022. – 356 с.