

ЗАКОНЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Учебные вопросы

1. Схемы электрических цепей.
2. Законы Ома, Кирхгофа и Джоуля-Ленца как основа методов анализа цепей с двухполюсными и многополюсными элементами.
3. Задачи анализа и синтеза в теории цепей.

1. Схемы электрических цепей

Электрические цепи изображаются в виде различных схем, на которых показываются основные и вспомогательные элементы и их соединения.

Чаще всего используют три вида схем:

- монтажные;
- принципиальные;
- замещения.

На монтажных схемах изображают рисунок (эскиз) элементов цепи и соединительные провода. Монтажными схемами пользуются при изготовлении, монтаже и ремонте электрических устройств и цепей.

На принципиальных схемах показывают условные графические изображения элементов и схему их соединения. Принципиальными схемами пользуются при изучении, монтаже и ремонте электрических цепей и устройств.

Например, на рис. 1 изображена принципиальная схема электрической цепи постоянного тока, включающая в себя:

- аккумуляторную батарею $G1$;
- предохранители $F1, F2$;
- автоматический выключатель S ;
- реле K ;
- резисторы $R1, R2, R3$;
- измерительные приборы (амперметр и вольтметр).

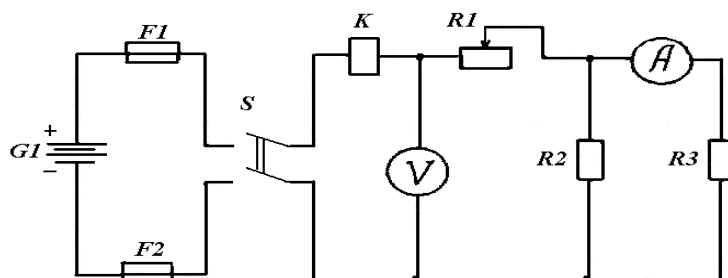


Рис. 1. Принципиальная схема электрической цепи

Расчетная схема замещения - это модель электрической цепи, на которой реальные элементы замещаются идеальными элементами и исключаются все вспомогательные элементы, не влияющие на результаты расчета (рис. 2). Как следует из определения схем замещения, они применяются при расчете электрических цепей.

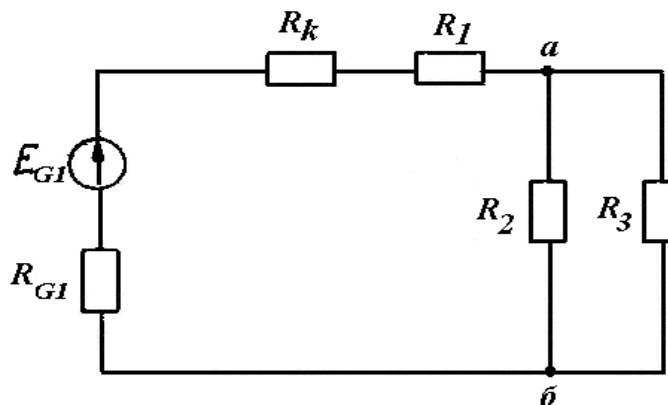


Рис. 2. Расчетная схема замещения электрической цепи

В зависимости от наличия источника электрической энергии участки электрической цепи делятся на активные и пассивные.

А к т и в н ы м называется участок цепи, содержащий источник электрической энергии. **П а с с и в н ы м** - не содержащий.

Топологические понятия.

В е т в ь ю называется участок цепи, в пределах которого имеет место один и тот же ток.

У з л о м электрической цепи называется место соединения ветвей (на рис. 2 - узлы - точки **a** и **b**).

К о н т у р - любой путь вдоль ветвей электрической цепи, начинающийся и заканчивающийся в одной и той же точке (например, на рис. 2 контур **a, R₃, b, R₂, a**).

По сложности цепи бывают простые и сложные.

К п р о с т ы м электрическим цепям относятся цепи при последовательном, параллельном и смешанном соединении пассивных элементов, содержащие источники электроэнергии только в одной из ветвей.

К с л о ж н ы м электрическим цепям относятся многоконтурные электрические цепи, содержащие источники электроэнергии в нескольких ветвях.

2. Законы Ома, Кирхгофа и Джоуля-Ленца как основа методов анализа цепей с двухполюсными и многополюсными элементами.

Для простой электрической цепи постоянного тока (рис. 3) немецкий ученый Г.Ом в 1827 году установил зависимость, известную в электротехнике под названием *закона Ома для полной цепи*:

$$I = \frac{E}{R + R_0}, \quad (1)$$

где I - ток в цепи;

E - ЭДС источника;

R - сопротивление внешней цепи;

R_0 - внутреннее сопротивление источника.

Преобразовав (1), получим выражение для определения ЭДС:

$$E = IR + IR_0. \quad (2)$$

Из выражения (2) видно, что ЭДС состоит из **двух частей**: напряжения на зажимах источника $U = IR$ и падения напряжения на внутреннем сопротивлении источника $U_0 = IR_0$.

В свою очередь, напряжение на зажимах источника – это то напряжение, которое приложено к внешней цепи (участку цепи с сопротивлением R).

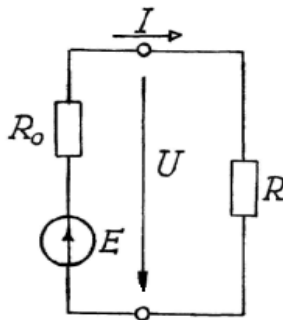


Рис. 3. Схема замещения простейшей цепи постоянного тока

Следовательно, величина тока в цепи может быть определена следующим образом:

$$I = \frac{U}{R}. \quad (3)$$

Соотношение (3) называют *законом Ома для участка цепи*.

Если внешний участок простой неразветвленной цепи состоит из нескольких отдельных участков, то по ним протекает один и тот же ток и закон Ома в форме (3) применим для любого участка:

$$I = \frac{U_{\kappa}}{R_{\kappa}},$$

где U_{κ} - падение напряжения на κ -ом участке цепи;

R_{κ} - сопротивление κ -го участка цепи.

Первый закон Кирхгофа формулируется следующим образом: в любой момент алгебраическая сумма токов ветвей, сходящихся в узле электрической цепи, равна нулю:

$$\sum I_{\kappa} = 0 \quad (4)$$

Принято считать, что все токи, направленные к узлу, берутся со знаком «+», а направленные от узла со знаком «-». Например, для узла «а» (рис. 4) первый закон Кирхгофа формально выражается следующим образом:

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0.$$

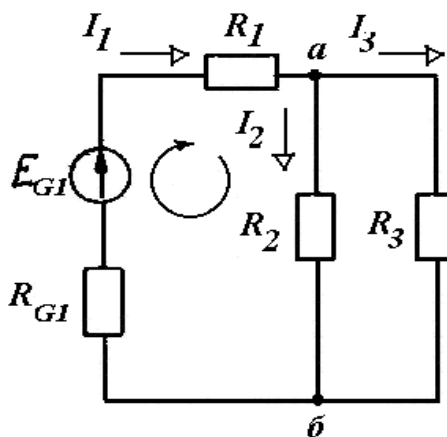


Рис. 4. К пояснениям законов Кирхгофа

Первый закон Кирхгофа отражает **фундаментальный принцип** электротехники - **принцип непрерывности полного тока**: в узле не может быть накопления электрического заряда и не может быть его расхода; сумма зарядов, приходящих к узлу равна сумме зарядов, уходящих от узла в один и тот же промежуток времени.

Второй закон Кирхгофа выражает закон сохранения энергии и формулируется следующим образом: в любой момент алгебраическая сумма ЭДС в замкнутом контуре цепи равна алгебраической сумме падений напряжений на элементах этого контура:

$$\sum E_k = \sum I_k R_k = \sum U_k. \quad (5)$$

При составлении уравнения в каждом контуре произвольно выбирают положительное направление обхода. Затем составляется алгебраическая сумма напряжений и ЭДС по следующему правилу: если направление тока в элементе и в источнике ЭДС совпадает с направлением обхода, то это падение напряжения на элементе и ЭДС записываются со знаком «+», а если не совпадают, то со знаком «-». Например, для контура «а- R_2 -б- R_{G1} -а» (рис. 4) второй закон Кирхгофа формулируется следующим образом:

$$I_1(R_{G1} + R_1) + I_2 R_2 = E_{G1}.$$

Законы Ома и Кирхгофа лежат в основе теории электрических цепей постоянного и переменного токов.

Закон сохранения энергии, открытый М.В. Ломоносовым гласит, что энергия никогда не исчезает бесследно, а может только превращаться из одного вида в другой. Так происходит и при прохождении тока по проводнику. Электрическая энергия движущихся зарядов превращается в тепловую энергию.

Физическая сущность этого явления состоит в том, что упорядоченно движущиеся носители тока испытывают противодействие со стороны вещества. Так, в проводниках **первого** рода движущиеся свободные электроны сталкиваются с положительными ионами кристаллической решетки, отдавая им часть своей кинетической энергии. В результате этого усиливается тепловое колебательное движение и повышается температура проводника.

Зависимость между количеством тепла, выделенного током, и величиной этого тока была установлена опытным путем в 1844 г. русским академиком Э.Х. Ленцем, а также независимо от него английским физиком Д. Джоулем. Закон, выражающий количественные соотношения при нагревании проводника током, называют законом Джоуля – Ленца.

Известно, что работа электрического тока определяется выражением:

$$A = I^2 \cdot R \cdot t,$$

где A – работа электрического тока, дж;

I – сила тока, А

R - сопротивление, Ом;

t - время, с.

Эта работа превращается в тепло. Общее количество тепла в джоулях, выделяемое током при прохождении его по проводнику, будет составлять

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

где Q – количество тепла в джоулях, Дж;

A – работа (энергия), совершаемая током, Дж;

I – сила тока, А

R - сопротивление, Ом;

t - время, с.

Эта формула и является математическим выражением закона Джоуля – Ленца. Итак, количество тепла, выделяемого током в проводнике, при неизменном сопротивлении R прямо пропорционально квадрату величины тока и времени, в течение которого ток протекал по проводнику.

На основании закона Ома формула закона Джоуля – Ленца может быть представлена в виде:

$$Q = \frac{U^2}{R} \cdot t \quad \text{или} \quad Q = U \cdot I \cdot t,$$

Тепловое действие электрического тока находит очень широкое применение в технике (лампы накаливания, электрическая дуга, нагревательные приборы, плавкие предохранители, тепловые реле и т.д.)

3. Задачи анализа и синтеза в теории цепей

В теории электрических цепей решаются задачи двух типов:

1) задачи **а н а л и з а** электрических цепей, когда известны конфигурация и элементы цепи, а требуется определить токи, напряжения и мощности тех или иных участков;

2) задачи **с и н т е з а** электрических цепей, обратные задачи, в которых заданы токи и напряжения на некоторых участках, а требуется найти конфигурацию цепи и выбрать ее элементы.

Отметим, что решение задач анализа намного проще решения задач синтеза.

В практической электротехнике довольно часто встречаются задачи анализа. Кроме того, для овладения приемами синтеза цепей необходимо предва-

рительно изучить методы их анализа, которые преимущественно и будут в дальнейшем рассматриваться.

Режим электрической цепи произвольной конфигурации полностью определяется первым и вторым законами Кирхгофа. Поэтому задачи анализа могут быть решены при помощи этих законов.