

2 Электрическая цепь. Электродвижущая сила. Электрический ток.

Под действием электродвижущей силы в замкнутой электрической цепи протекает электрический ток. Это направленное движение положительных зарядов от $+$ к $-$. В металлах перемещаются электроны, они отрицательно заряжены, поэтому движутся навстречу ЭДС.

Электрической цепью называют совокупность соединенных друг с другом источников электрической энергии и приемников, по которым может протекать электрический ток. Электромагнитные процессы в электрической цепи можно описать с помощью таких понятий, как ток, напряжение, электродвижущая сила (ЭДС).

В источниках электрической энергии (гальванические элементы, аккумуляторы, электромагнитные генераторы и т. п.) химическая, механическая, тепловая энергия или энергия других видов превращается в электрическую, а в приемниках электрической энергии (электронагреватели, электрические лампы, электрические двигатели и т. п.) электрическая энергия преобразуется в тепловую, световую, механическую и другие виды энергии.

Электрические цепи, в которых получение электрической энергии в источниках, ее передача и преобразование в приемниках происходят при неизменных во времени токах и напряжениях, называют цепями постоянного тока.

Схемой электрической цепи называют ее графическое изображение, содержащее условные обозначения ее элементов и показывающее соединение этих элементов.

На рисунке 3.1, а изображена принципиальная схема простейшей электрической цепи с источником электрической энергии – аккумуляторной батареей и с приемником – лампой накаливания. Выводы (зажимы) источника и приемника энергии соединены между собой двумя проводами.

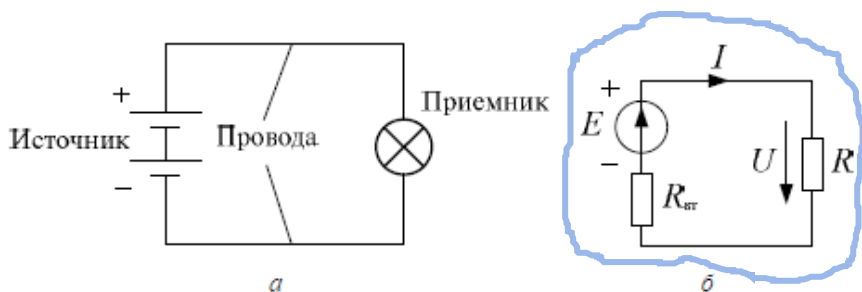


Рис. 3.1. Простейшая электрическая цепь:
 а – принципиальная схема; б – расчетная схема замещения

Расчеты электрических цепей и исследования процессов, происходящих в них, основываются на различных допущениях и некоторой идеализации реальных объектов электрических цепей. В теории электрических цепей несущественно, какие именно электротехнические устройства включены в электрическую цепь, а важны такие их электрические и магнитные свойства, которые позволяют выполнить расчет токов, напряжений, мощностей.

В цепях постоянного тока у источников электрической энергии необходимо знать электродвижущую силу E и внутреннее сопротивление $R_{вт}$, а у приемника и соединительных проводов – сопротивление R . На рисунке 3.1, б представлена расчетная схема замещения простейшей электрической цепи. Источник энергии изображен в виде последовательного соединения источника ЭДС E и резистора $R_{вт}$, приемник – в виде резистора R . Сопротивление соединительных проводов не учтено, так как оно намного меньше сопротивления приемника.

При рассмотрении более сложных электрических цепей постоянного тока, имеющих несколько источников энергии, несколько приемников и разнообразные способы их соединения, элементами схем электрических цепей останутся источники ЭДС E и резисторы R . Для всего многообразия электротехнических устройств это позволяет выработать единые методики расчета.

3.2. Электродвижущая сила

По закону Кулона электрические заряды действуют друг на друга с определенной силой. Причем заряды одного знака отталкиваются, а заряды разных знаков притягиваются.

Внутри источников электрической энергии на электрические заряды действуют силы неэлектростатического происхождения, некулоновы силы. Их называют *сторонними*. Например, разделение зарядов в электропроводной среде происходит под действием электромагнитных сил при движении заряженных частиц в магнитном поле, в результате создается электрическое поле и образуется электродвижущая сила. Сторонние силы создаются и другими процессами (химические реакции, тепловые процессы, контактные явления и т. д.).

Сторонние силы перемещают положительные заряды внутри источника энергии от отрицательного зажима к положительному, т. е. против сил электростатического поля.

Величина, характеризующая способность сторонних сил создавать электрическое поле и вызывать электрический ток, называется *электродвижущей силой*.

Электродвижущая сила E численно равна работе сторонних сил по переносу единичного положительного заряда через область действия этих сил. Направление действия ЭДС (от отрицательного вывода к положительному) показано на схеме стрелкой (рис. 3.1, б). Стрелка показывает направление возрастания потенциала. Измеряется ЭДС E в вольтах (В), так же как потенциал и напряжение.

Благодаря ЭДС во внешней части цепи создается постоянно действующее электрическое поле, и в замкнутом контуре простейшей электрической цепи возникает ток I .

3.3. Электрический ток

Электрический ток в проводящей среде есть упорядоченное движение заряженных частиц внутри проводника под действием сил электрического поля.

Проводники делят на два вида в зависимости от типа носителей электрического заряда, образующих электрический ток. В провод-

никах первого вида (металлах) ток образуется свободными электронами. В проводниках второго вида (расплавленные соли, растворы солей, кислот, щелочей) носителями электрического заряда являются ионы – заряженные атомы и молекулы. Под действием сил электрического поля положительно заряженные частицы движутся по направлению поля, а отрицательные – в обратном направлении.

Интенсивность электрического тока оценивается физической величиной, называемой *силой электрического тока*. В практике эту величину называют *электрическим током* или просто *током*.

Величина тока проводимости определяется электрическим зарядом всех частиц, проходящих через поперечное сечение проводника в единицу времени. Предположим, через поперечное сечение проводника S за время t равномерно проходит n электронов. Заряд каждого электрона – e , поэтому общий заряд частиц, прошедших через сечение за это время, $q = en$.

Отношение

$$\frac{q}{t} = \frac{en}{t} = I$$

выражает заряд, перенесенный электронами через сечение проводника за 1 с, т. е. ток I .

Единица измерения электрического тока – ампер (А). На практике применяют производные от ампера: 1 килоампер (кА) = 10^3 А – для измерения больших токов; 1 миллиампер (мА) = 10^{-3} А и 1 микроампер (мкА) = 10^{-6} А – для измерения малых токов.

Положительным направлением электрического тока условно принято считать направление, в котором движутся положительно заряженные частицы. На рисунке 3.1, б направление тока I показано стрелкой во внешней цепи от положительного вывода источника энергии к отрицательному, т. е. совпадающим с направлением ЭДС. В металлах положительное направление тока противоположно направлению движения электронов.

Электрический ток, длительно не изменяющийся по величине и направлению, называется *постоянным* (рис. 3.2, график I).

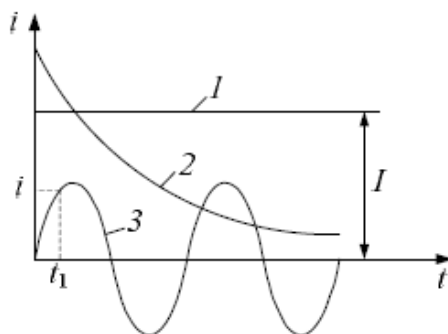


Рис. 3.2. Графики зависимости электрических токов от времени

Для постоянного тока характерно прохождение электрического заряда через поперечное сечение проводника в одном направлении с одинаковой интенсивностью.

Если ток со временем изменяется, то он называется *переменным* (рис. 3.2, графики 2, 3). В таком случае по оси ординат на графиках откладываются мгновенные значения тока, которые определяются изменением заряда q за бесконечно малый промежуток времени:

$$i = \frac{dq}{dt}.$$

На графике 3 (рис. 3.2) показан мгновенный ток $i(t_1)$ в момент времени t_1 .

В практических расчетах пользуются понятием *плотности электрического тока* J . При токе в проводнике I и поперечном сечении проводника S численно плотность тока определяется отношением

$$J = \frac{I}{S}. \quad (3.1)$$

Единица измерения плотности тока — ампер на квадратный метр (А/м^2).

На практике площадь поперечного сечения проводов чаще выражают в квадратных миллиметрах (мм^2) и соответственно плотность тока — в амперах на квадратный миллиметр (А/мм^2).

При постоянном токе, несмотря на движение заряженных частиц в проводнике, распределение заряда в нем стационарно, так как в любом элементе объема за некоторый промежуток времени заряд уходящих и входящих частиц одинаков.

Электрическое поле, создаваемое движущимися заряженными частицами в проводнике, называется *стационарным* в отличие от электростатического, создаваемого неподвижными заряженными частицами.

Электрический ток в проводнике и соответствующее ему стационарное электрическое поле **нужно поддерживать, непрерывно пополняя энергию поля, которая расходуется в связи с движением заряженных частиц, превращаясь в теплоту.**