

Общие понятия и определения

Цель лекции: ознакомиться с общими понятиями, определениями и терминами, используемыми в электротехнике при анализе электрических цепей и схем.

Электротехника – это область науки и техники, изучающая процессы получения, преобразования и передачи электрической энергии.

Все электротехнические устройства по назначению и принципу действия можно разделить на три группы.

Источники энергии – это устройства вырабатывающие электроэнергию (генераторы, термоэлементы, фотоэлементы, химические элементы).

Приемники (нагрузка) – это устройства потребляющие электроэнергию. Например, электродвигатели, электролампы, электрические механизмы и т.п.

Проводники – соединительные элементы (провода), а также различная коммутационная аппаратура (выключатели, реле, контакторы и т.п.).

Электрический ток это направленное движение электрических зарядов, он обозначается буквой **I** и измеряется в Амперах (**A**). Электрический ток может протекать только в замкнутой электрической цепи.

Напряжение есть разность потенциалов, т.е. работа сил электрического поля по переносу единичного точечного положительного заряда, например, из точки с потенциалом ϕ_1 в точку с потенциалом ϕ_2 , обозначается буквой **U** и измеряется также как и потенциал в Вольтах (**V**).

Мощность есть интенсивность или скорость преобразования электромагнитной энергии. В общем случае определяется произведением напряжения и тока. Различают активную и реактивную мощности.

Активная мощность – интенсивность преобразования электромагнитной энергии в другие виды энергии. Обозначается буквой **P** и измеряется в Ваттах (**W**).

Реактивная мощность – интенсивность преобразования энергии электрического поля в энергию магнитного поля и наоборот. Обозначается буквой **Q** и измеряется в вольт-амперах реактивных (**Var**).

Электрическая цепь – это совокупность устройств и объектов образующих путь для тока электромагнитные процессы в которых могут быть описаны при помощи понятий об ЭДС, напряжении и токе.

Электрические цепи бывают разветвленными и неразветвленными, активными и пассивными.

Активной называется электрическая цепь, содержащая источники энергии, пассивной – электрическая цепь, не содержащая источников энергии.

Линейными называют элементы электрических цепей, параметры которых не зависят от величины и направления тока или напряжения. В противном случае элементы называются **нелинейными**.

Электрическую цепь называют *линейной*, если все ее элементы линейные, и *нелинейной*, если она содержит хотя бы один нелинейный элемент.

Электрическая схема – это графическое изображение электрической цепи, включающее в себя условные обозначения устройств соединенных между собой определенным образом.

Для анализа электрическую цепь заменяют схемой замещения.

Схема замещения электрической цепи – это схема, характеризующая свойства электрической цепи при определённых условиях.

На рисунке 1.1 изображена электрическая схема цепи, состоящая из источника энергии И.Э., электрических ламп L_1 , L_2 и электродвигателя M , а на рисунке 1.2 показана схема замещения этой цепи.

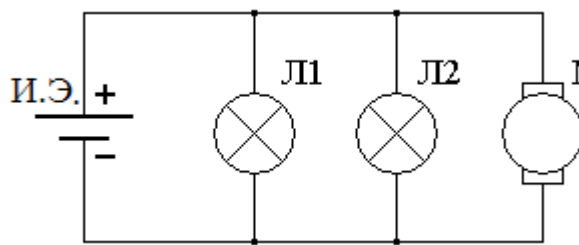


Рисунок 1.1

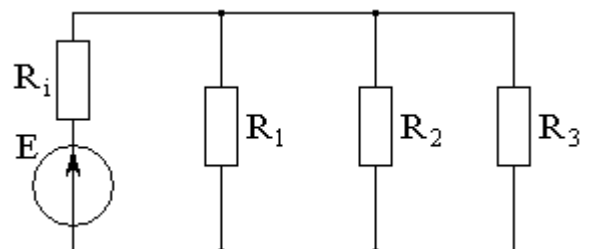


Рисунок 1.2

Рассмотрим основные определения, относящиеся к электрическим схемам. Различают *неразветвленные* и *разветвленные* схемы электрических цепей. На рис. 1.3 изображены, соответственно, неразветвленная и разветвленная схемы электрических цепей. Сопротивления соединительных проводов принимают равными нулю.

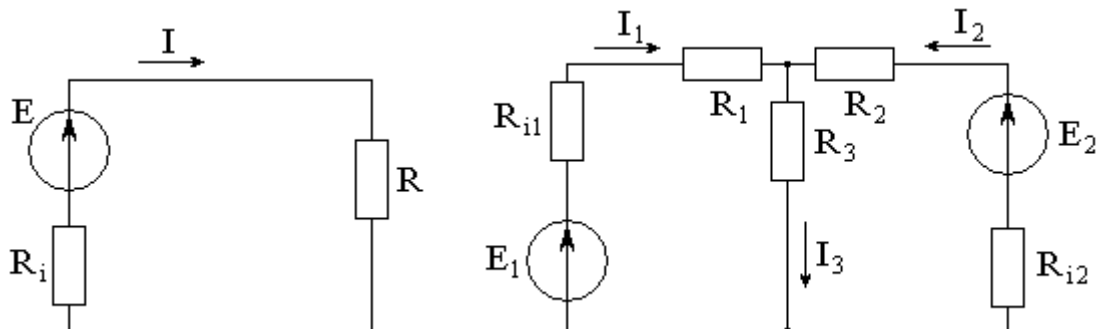


Рис. 1.3

Разветвленная схема – это сложная комбинация соединений пассивных и активных элементов. Участок электрической цепи, по которому проходит один и тот же ток, называется **ветвью**. Место соединения трех и более

ветвей электрической цепи называется **узлом**. Узел в схеме обозначается точкой.

Последовательным называют такое соединение элементов цепи, при котором через все элементы *проходит один и тот же ток*.

При **параллельном** соединении все участки цепи присоединяются к одной паре узлов *и находятся под одним и тем же напряжением*.

Любой замкнутый путь, включающий в себя несколько ветвей, называется контуром.

В зависимости от нагрузки различают следующие режимы работы электрических цепей:

*номинальный,
режим холостого хода,
режим короткого замыкания,
согласованный режим.*

В **номинальном режиме** электротехнические устройства могут работать сколь угодно долго при условиях, указанных в паспортных данных завода-изготовителя. При этом величины тока, напряжения и мощности не превышают указанных в паспортных данных значений.

Режим **холостого хода** (XX) возникает при обрыве цепи или при отключении сопротивления нагрузки.

Режим **короткого замыкания** ($KЗ$) получается при сопротивлении нагрузки, равном нулю. Ток короткого замыкания в несколько раз превышает номинальный ток. Режим *короткого замыкания является аварийным*.

Согласованный режим – это режим передачи от источника к сопротивлению нагрузки наибольшей мощности. Согласованный режим наступает, когда сопротивление нагрузки становится равным внутреннему сопротивлению источника. При этом в нагрузке выделяется максимальная мощность.

Элементы цепей и схем

Активные элементы

Рассмотрим идеальные и реальные источники энергии.

Идеальным источником напряжения (ЭДС) называется источник, у которого напряжение остается постоянным независимо от протекающего тока и внутреннее сопротивление равно нулю.

Стрелка ЭДС направлена от точки низшего потенциала (-) к точке высшего потенциала (+). Обозначается буквой E .

Идеальным источником тока называется источник, у которого ток остается постоянным независимо от приложенного напряжения и внутреннее сопротивление равно бесконечности. Обозначается буквой J .

Условные обозначения идеальных источников напряжения (E) и тока (J) приведены на рис. 1.4.



Рис. 1.4

Схемы замещения реальных источников энергии приведены на рис. 1.5.

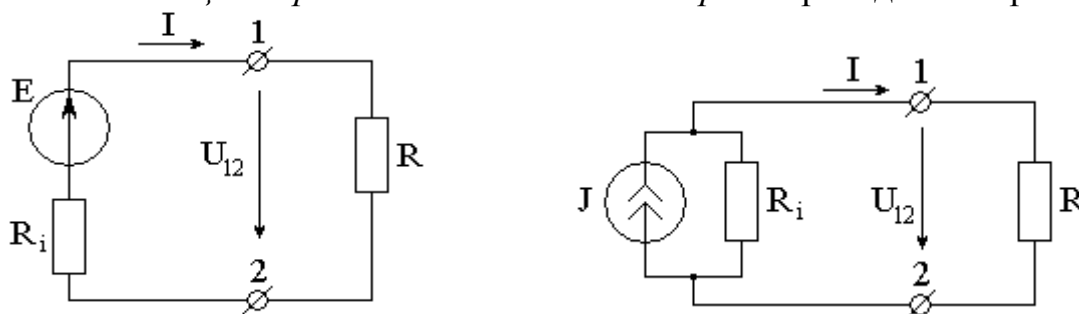


Рис. 1.5

Для этих схем справедливы следующие соотношения, соответственно:

$$U_{12} = E - I \cdot R_i \quad \text{и} \quad U_{12} = J \cdot R_i - I \cdot R_i$$

где R_i – внутреннее сопротивление источника энергии.

Легко перейти от одной схемы к другой, и наоборот, применяя соотношение $E = J \cdot R_i$.

Из приведенных формул видно, что напряжение на зажимах реального источника энергии уменьшается с увеличением тока нагрузки за счет падения напряжения на внутреннем сопротивлении источника.

Источник энергии, внутреннее сопротивление которого мало по сравнению с сопротивлением нагрузки, приближается по своим свойствам к идеальному источнику напряжения (ЭДС). А если внутреннее сопротивление источника велико по сравнению с сопротивлением внешней цепи, тогда он приближается по своим свойствам к идеальному источнику тока.

Внешние характеристики источников напряжения (ЭДС) и тока представлены соответственно на рис. 1.6а и рис. 1.6б.

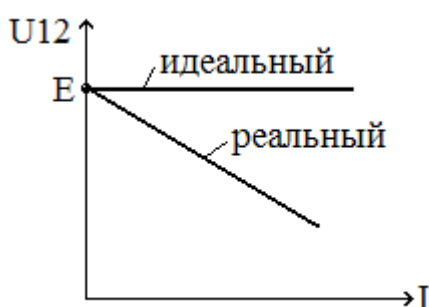


Рис. 1.6а

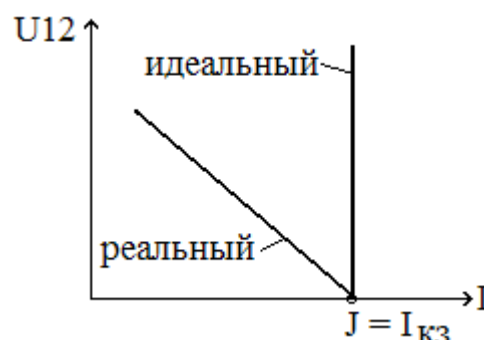


Рис. 1.6б

Пассивные элементы

Простейшими пассивными элементами схемы замещения являются **активное сопротивление, индуктивность и емкость**.

Общим свойством всех устройств, обладающих *активным* сопротивлением, является необратимое преобразование электромагнитной энергии в тепловую. Тепловая энергия, выделяемая в активном сопротивлении, полезно используется или рассеивается в пространстве. В схеме замещения во всех случаях, когда необходимо учесть необратимое преобразование электромагнитной энергии в другие виды энергии (не обязательно только в тепловую, а например, в механическую и т.п.), включается активное сопротивление.

Активное сопротивление проводника определяется по формуле $R = \rho \frac{l}{S}$, где l – длина проводника; S – сечение; ρ – удельное сопротивление.

Активное сопротивление пассивного элемента цепи в общем случае определяется по формуле $R = \frac{P}{I^2}$, где P – активная мощность, потребляемая элементом цепи; I – ток элемента цепи. При $R = \text{constant}$ сопротивление является линейным. Связь между напряжением и током в активном линейном сопротивлении

$$U = R \cdot I, \quad I = \frac{U}{R}.$$

Величина, обратная сопротивлению, называется *проводимостью* $g = \frac{1}{R}$. Сопротивление измеряется в Омах (Ом), а проводимость – в Сименсах (См).

Индуктивностью называется идеальный элемент схемы замещения, характеризующий способность элемента электрической цепи накапливать энергию в магнитном поле.

Индуктивность катушки измеряется в Генри (Гн) и определяется по формуле $L = \frac{\psi}{i} = \frac{w \cdot \Phi}{i}$, где ψ – потокосцепление; w – число витков катушки; Φ – магнитный поток катушки, возбуждаемый током i . При $L = \text{const}$ индуктивность является линейной $\psi = L \cdot i$. Связь между напряжением и током в линейной индуктивности

$$u = L \cdot \frac{di}{dt}, \quad i = \frac{1}{L} \int u \cdot dt, \quad e_L = -L \cdot \frac{di}{dt}$$

Емкостью называется идеальный элемент схемы замещения, характеризующий способность элемента электрической цепи накапливать энергию в электрическом поле.

Емкость конденсатора, измеряемая в Фарадах (Φ), определяется по формуле $C = \frac{q}{U_C}$, где q – заряд на обкладках конденсатора; U_C – напряжение на конденсаторе. При $C = \text{const}$ емкость является линейной $q = C \cdot u$. Связь между током и напряжением в линейной емкости

$$i = \frac{dq}{dt} = C \cdot \frac{du}{dt}, \quad u = \frac{1}{C} \int i \cdot dt.$$

Условные обозначения активного сопротивления R , индуктивности L и емкости C в схеме замещения показаны на рисунке 1.7.

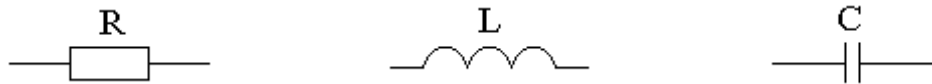


Рис. 1.7