

5-6 Схемы замещения электрических цепей

3.9. Схемы замещения источников энергии

Чаще всего источник энергии на расчетных схемах замещения представляют в виде источника ЭДС E с последовательно присоединенным внутренним сопротивлением $R_{вт}$, как показано на рисунке 3.6. Учитывая, что внутреннее сопротивление источников энергии обычно мало в сравнении с сопротивлением приемника, на расчетных схемах источник энергии можно представить только источником ЭДС без внутреннего сопротивления (рис. 3.7, а).

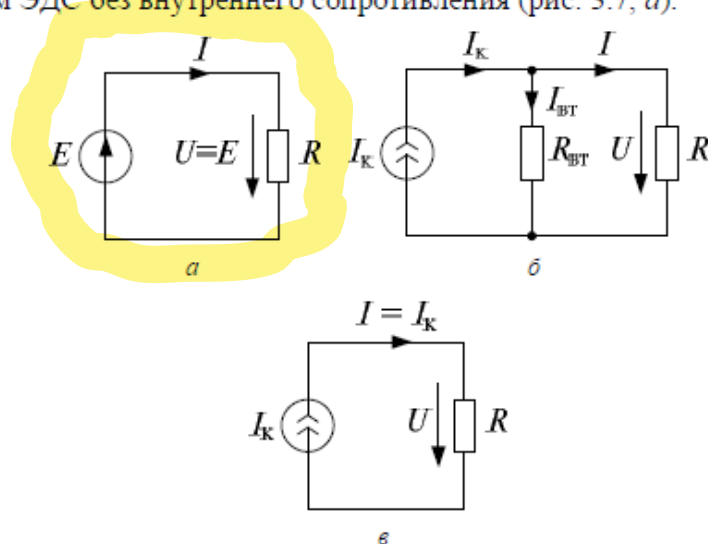


Рис. 3.7. Схемы замещения источников энергии:
а – с идеальным источником ЭДС; б – с источником тока;
в – с идеальным источником тока

При $R_{вт} = 0$ внутреннее падение напряжения $U_{вт} = 0$, поэтому напряжение на зажимах источника энергии при любом токе равно ЭДС:

$$U = E = \text{const.}$$

Такой источник энергии назвали источником ЭДС.

В некоторых случаях источник электрической энергии на расчетной схеме заменяют другой (эквивалентной) схемой (рис. 3.7, б), где вместо ЭДС E источник характеризуется его током короткого

замыкания I_k , а внутреннее сопротивление присоединяют параллельно источнику тока и приемнику R .

Возможность такой замены можно доказать, разделив равенство (3.9) на $R_{вт}$:

$$\frac{U}{R_{вт}} = \frac{E}{R_{вт}} - I, \quad (3.11)$$

где $\frac{U}{R_{вт}} = I_{вт}$ – ток, равный отношению напряжения на приемнике к

внутреннему сопротивлению;

$$\frac{E}{R_{вт}} = I_k \text{ – ток короткого замыкания источника;}$$

$$I = \frac{U}{R} \text{ – ток приемника.}$$

Вводя новые обозначения в выражение (3.11), получаем

$$I_k = I_{вт} + I,$$

которому удовлетворяет схема 3.7, б.

Если $R_{вт} \gg R$, что характерно для радиосхем, то можно принять $R_{вт} = \infty$ и $I_{вт} = 0$. В таком случае при любой величине сопротивления приемника R его ток остается равным току короткого замыкания источника энергии (рис. 3.7, в):

$$I = I_k = \text{const.}$$

Графическое изображение источника тока, показанное на рисунках 3.7, б и 3.7, в, указывает направление тока и напоминает, что внутреннее сопротивление источника тока равно бесконечности. В дальнейшем для буквенного обозначения тока источника тока принимают J .

Источники ЭДС и источники тока называют активными элементами электрической цепи.

Элементы цепи, в которых электрическая энергия преобразуется в тепловую, характеризующиеся сопротивлением R или проводимостью g , называют пассивными.

3.10. Схема замещения разветвленной электрической цепи

На рисунке 3.8 изображена разветвленная электрическая цепь и ее расчетная схема замещения, указаны положительные направления токов и напряжений.

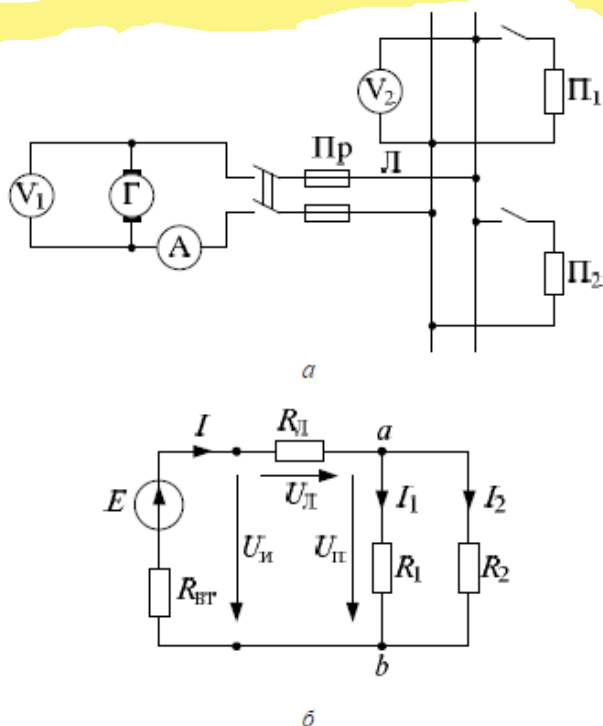


Рис. 3.8. Разветвленная электрическая цепь:
a – принципиальная схема; *б* – расчетная схема замещения

В схеме замещения генератор Γ электрической энергии представлен ЭДС E и внутренним сопротивлением $R_{\text{втр}}$, а два приемника Π_1 и Π_2 – соответственно сопротивлениями R_1 и R_2 . Сопротивление проводов линии L представлено сосредоточенным сопротивлением R_L . Измерительные приборы в схеме замещения отсутствуют, так как амперметры, включаемые для измерения тока, имеют малое

внутреннее сопротивление, а вольтметры, подключенные параллельно участкам цепи, имеют большое внутреннее сопротивление. Таким образом, измерительные приборы на результаты расчета токов в рабочей части цепи влияют незначительно. В схеме замещения контакты коммутирующей аппаратуры показаны замкнутыми, что создает наибольшее значение тока.

На рисунке 3.8, б стрелками показаны положительные направления ЭДС, напряжений и токов.

Полярность зажимов источника ЭДС может не обозначаться, достаточно показать направление ЭДС стрелкой. Внутри источника ЭДС направлена от отрицательного зажима к положительному (так же как и ток).

Положительное направление напряжения на пассивных участках цепи совпадает с направлением тока – от точки большего потенциала к точке меньшего. У приемника направления напряжения и тока совпадают, у источника они противоположны.

В геометрической конфигурации схемы замещения разветвленной электрической цепи образуются ветви, узлы и контуры.

Ветвью электрической цепи называют участок, вдоль которого электрический ток один и тот же. Ветвь заключена между двумя узлами и образуется одним или несколькими последовательно соединенными элементами цепи.

Узел электрической цепи – это место соединения не менее трех ветвей.

Контуром электрической цепи называют замкнутый путь, проходящий по нескольким ветвям, при этом каждый узел в рассматриваемом контуре встречается не более одного раза.

На рисунке 3.8, б электрическая цепь имеет два узла, три ветви и два независимых контура. Независимые контуры электрической цепи содержат хотя бы одну новую ветвь.

В схеме электрической цепи узел как место электрического контакта нескольких ветвей показывают видимой точкой.

Несмотря на кажущееся различие, схемы *a* и *б* (рис. 3.9) в электрическом смысле одинаковы, так как имеют одинаковые элементы, четыре ветви и один узел.

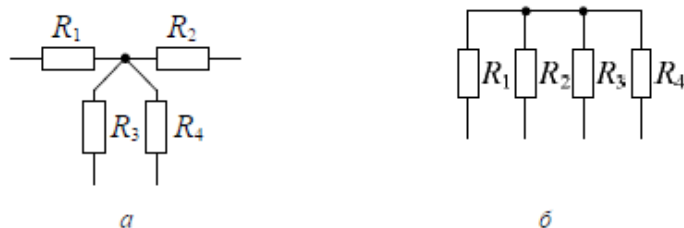


Рис. 3.9. Изображения ветвей и узлов электрической схемы

Ветви, присоединенные к одной паре узлов, называют *параллельными*. На рисунке 3.8, б три ветви электрической цепи присоединены к одной паре узлов, следовательно, они соединены параллельно и находятся под одним и тем же напряжением.

Любую часть электрической цепи, имеющую два зажима (полюса), называют *двухполюсником*. На схеме его условно обозначают прямоугольником с двумя выводами *m*. На рисунке 3.10 показаны активный и пассивный двухполюсники.



Рис. 3.10. Условное обозначение двухполюсников:
а – активного; б – пассивного

Активным называют двухполюсник, содержащий источники электрической энергии. Для линейного активного двухполюсника обязательным дополнительным условием является наличие на его разомкнутых зажимах напряжения, обусловленного источником энергии внутри двухполюсника.

Пассивный двухполюсник не содержит источников электрической энергии.



Вопросы и задачи для самоконтроля

1. Дайте определение электрической цепи, электрического тока.
2. Назовите примеры источников и приемников электрической энергии.

3. Нарисуйте схему замещения электрической цепи, представив в ней источники и приемники электрической энергии.

4. Определите величину тока в электрической цепи с источником ЭДС и резистором.

5. Дайте определение электрического сопротивления участка проводника.

6. Сформулируйте и запишите закон Ома для участка проводника.

7. Запишите формулы расчета мощности источника и мощности приемника.

8. Сформулируйте и запишите закон Джоуля – Ленца.

9. Запишите закон Ома для простейшей электрической цепи.

10. Сформулируйте понятия ветвь, узел, контур разветвленной электрической цепи.

11. В проводнике ток $I = 5$ А. Определите электрический заряд, прошедший через поперечное сечение проводника за 4 с. Ответ: 20 Кл.

12. У одиночного провода в закрытом помещении сечением $S = 5$ мм² допустимая плотность тока $J = 10$ А/мм². Определите допустимый ток I . Ответ: 50 А.

13. Определите сопротивление алюминиевого провода двухпроводной линии передачи, если сечение провода 10 мм², длина линии передачи 1 км. Удельное сопротивление алюминия $\rho = 0,029 \cdot 10^{-6}$ Ом · м при $t = 20$ °С. Ответ: 5,8 Ом.

14. Генератор постоянного тока выработал за месяц энергию в количестве 72 000 кВт · ч. Амперметр в цепи генератора за время работы показывал 1000 А. Определите ЭДС и мощность генератора. Ответ: 100 В; 100 кВт.

15. Аккумуляторная батарея при разряде работала с током $I = 50$ А в течение 10 ч. Определите мощность батареи и количество выработанной энергии, если ее ЭДС в течение всего периода работы оставалась постоянной и равной 20 В. Ответ: 1000 Вт; 10 кВт · ч.

16. Мощность лампы накаливания 100 Вт при напряжении 220 В. Определите ток и сопротивление лампы. Ответ: 0,45 А; 488 Ом.

17. К источнику энергии подключен резистор $R = 30 \text{ Ом}$, напряжение на зажимах которого $U_R = 60 \text{ В}$. Напряжение источника в режиме холостого хода $U_{\text{х.х}} = 66 \text{ В}$. Определите внутреннее сопротивление источника. Ответ: 3 Ом .

18. ЭДС источника $E = 20 \text{ В}$, ток короткого замыкания $I_{\text{к}} = 10 \text{ А}$. Определите ток цепи при подключении приемника с сопротивлением $R = 8 \text{ Ом}$. Ответ: 2 А .

19 Как определить запас энергии в аккумуляторе?

20 Как определить стоимость электроэнергии?

21 Как определить максимальную мощность аккумулятора?

22 Как определить максимальную мощность розетки?

23 Как определить ток и напряжение потребителя используя нагрузочную ВАХ источника и ВАХ потребителя?

24 Как выглядит график зависимости мощности потребителя от тока?

25 В каком случае от источника к потребителю передается максимальная мощность? Как называется этот режим? Чему при этом равен КПД?

26 Как найти максимальную мощность передаваемую потребителю от реального источника, чему равно сопротивление потребителя при этом и КПД?