

## 12-13 Расчёт электрических цепей методом эквивалентных сопротивлений (метод свёртывания цепи)

Метод эквивалентных сопротивлений применяется для расчета таких электрических цепей, в которых имеются пассивные элементы (резисторы), включенные между собой последовательно, параллельно или по смешанной схеме.

На рисунке 4.7, *a* представлена схема электрической цепи со смешанным соединением резисторов. Между зажимами «+» и «-» находится источник энергии, создающий напряжение  $U$ .

При рассмотрении электрических цепей с одним источником энергии источник ЭДС  $E$  не изображают, так как в практической электротехнике обычно известны не ЭДС источников и их внутреннее сопротивление, а напряжение  $U$ , которое они создают в рабочем режиме.

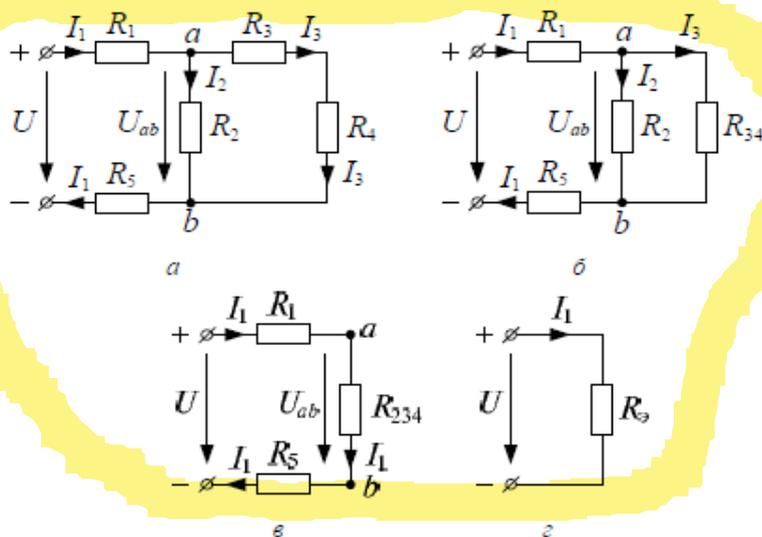


Рис. 4.7. Электрическая цепь со смешанным соединением приемников: *a* – исходная схема электрической цепи; *b* – схема цепи после преобразования; *в*, *г* – схемы эквивалентных неразветвленных электрических цепей

Рассматриваемая схема электрической цепи имеет два узла и три ветви. В каждой ветви идет свой ток, направления токов показаны от зажима «+» к зажиму «-» источника энергии. Обычно задача состоит в определении величин токов при заданных напряжении источника питания  $U$  и сопротивлениях приемников. Посколь-

ку напряжение задано на входе цепи, т. е. общее, то в соответствии с законом Ома для расчета тока нужно иметь общее сопротивление всех приемников. Для нахождения общего, эквивалентного сопротивления приемников нужно использовать правила нахождения эквивалентных сопротивлений при последовательном и параллельном включении приемников.

Резисторы, включенные в одну ветвь, соединены последовательно, так как через них идет один и тот же ток, т. е. в схеме цепи (см. рис. 4.7, а) резисторы  $R_1$  и  $R_5$ , а также  $R_3$  и  $R_4$  соединены последовательно. Существует негласное правило, по которому свертывание схемы электрической цепи нужно начинать с участков электрической цепи, наиболее удаленных от источника энергии, поэтому  $R_3 + R_4 = R_{34}$ .

После такой замены получается более простая схема (см. рис. 4.7, б). В этой схеме хорошо видно, что  $R_2$  и  $R_{34}$  присоединены к одной паре узлов и, следовательно, эти резисторы соединены параллельно, их можно заменить одним (эквивалентным), определив его сопротивление по формуле, аналогичной (4.18):

$$R_{234} = \frac{R_2 R_{34}}{R_2 + R_{34}}.$$

Получаем более простую схему (рис. 4.7, в). В этой схеме резисторы  $R_1$  и  $R_{234}$ ,  $R_5$  соединены последовательно, т. е. эквивалентное (общее) сопротивление электрической цепи

$$R_3 = R_1 + R_{234} + R_5.$$

Подобные преобразования используют и в схемах с несколькими источниками энергии в разных ветвях, таким образом достигается упрощение, которое значительно облегчает расчет.

В простейшей цепи (рис. 4.7, г) ток  $I_1$  определяют по закону Ома с использованием формулы (3.3):

$$I_1 = \frac{U}{R_3}.$$

Токи в других ветвях первоначальной схемы определяют, переходя от схемы к схеме в обратном порядке.

При эквивалентном преобразовании части схемы электрической цепи токи и напряжения остальных участков цепи не изменяются, поэтому по схеме рисунка 4.7, *в* видно, что по закону Ома

$$U_{ab} = I_1 R_{234}. \quad (4.19)$$

Зная напряжение (4.19), находим по закону Ома токи (см. рис. 4.7, *б*):

$$I_2 = \frac{U_{ab}}{R_2}; \quad I_3 = \frac{U_{ab}}{R_{34}}.$$

Для проверки расчета следует составить баланс мощностей:

$$UI_1 = I_1^2(R_1 + R_5) + I_2^2 R_2 + I_3^2(R_3 + R_4).$$

Напряжение  $U_{ab}$  после определения тока  $I_1$  можно найти по второму закону Кирхгофа, используя левый контур первоначальной схемы электрической цепи (см. рис. 4.7, *а*) и обход контура по часовой стрелке:

$$I_1 R_1 + U_{ab} + I_1 R_5 - U = 0,$$

откуда

$$U_{ab} = U - I_1 R_1 - I_1 R_5.$$

Следует отметить, что определение эквивалентного сопротивления требует определенных навыков и знаний, что значит параллельное соединение и что – последовательное. Кроме этих соединений, есть еще соединения трех резисторов звездой или треугольником, а также соединения, которые никак не называются и никак не преобразуются. Например, в схеме рисунка 4.7, *а* резисторы  $R_1$  и  $R_2$  соединены, но ни последовательно, так как между ними есть узел, ни параллельно, так как резистор  $R_2$  присоединен к узлам  $a$  и  $b$ , а резистор  $R_1$  – к узлу  $a$  и к зажиму «+» источника. То же происходит с резисторами  $R_2$  и  $R_4$ , они не соединены параллельно, так как резистор  $R_4$  присоединен к узлу  $b$  и к резистору  $R_3$ , а не к узлу  $a$ .

Токи  $I_2$  и  $I_3$  можно найти без определения  $U_{ab}$  по формулам разброса.