

24 Метод эквивалентного генератора

Метод эквивалентного генератора заключается в том, что в исследуемой цепи выделяется ветвь, а остальная часть цепи представляется в виде источника ЭДС U_{XX} с внутренним сопротивлением r_{BH} . U_{XX} это напряжение холостого хода между зажимами оставшейся части цепи при отключённой ветви, его можно рассчитать или измерить. Внутреннее сопротивление тоже можно рассчитать или измерить, а можно определить, вычисляя или измеряя ток I_{K3} короткого замыкания оставшейся части цепи (не все цепи позволяют это сделать, могут сгореть). Внутреннее сопротивление равно $r_{BH} = U_{XX} / I_{K3}$, а искомый ток ветви $I = U_{XX} / (R + r_{BH})$.

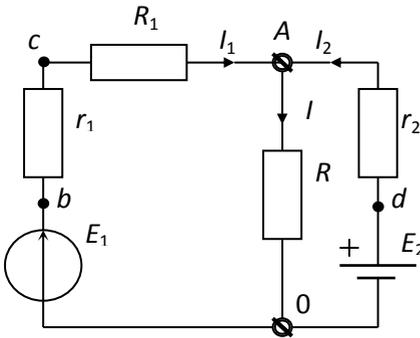
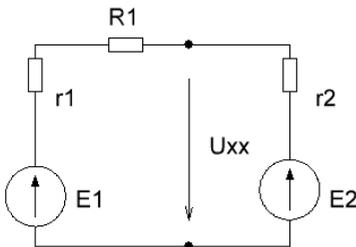


Рисунок 1 – Питание потребителя от двух источников

$E_1 = 14 \text{ В}$; $E_2 = 12 \text{ В}$; $R = 5 \text{ Ом}$; $R_1 = 0,4 \text{ Ом}$; $r_1 = 0,1 \text{ Ом}$; $r_2 = 1 \text{ Ом}$.

Определим ток в потребителе R . Для этого отключим его от схемы.



Рассмотрим применение метода эквивалентного генератора на примере схемы рисунка 1. Здесь изображён потребитель R , получающий централизованно питание от сети (источник E_1 с внутренним сопротивлением r_1) по линии сопротивлением R_1 , а также от аккумулятора E_2 с внутренним сопротивлением r_2 .

Работу схемы рассмотрим на численном примере:

Ток в замкнутом контуре I_{XX}

$$I_{XX} = \frac{E_1 - E_2}{r_1 + R_1 + r_2} = \frac{14 - 12}{0,1 + 0,4 + 1} = 1,33 \text{ А.}$$

Напряжение холостого хода U_{XX} между верхним и нижним узлами

$$U_{XX} = E_1 - I_{XX}(r_1 + R_1) = 14 - 1,33 \cdot 0,5 = 13,3 \text{ В.}$$

Определим внутреннее сопротивление эквивалентного генератора

$$r_{BH} = \frac{(r_1 + R_1)r_2}{r_1 + R_1 + r_2} = \frac{(0,1 + 0,4) \cdot 1}{0,1 + 0,4 + 1} = 0,33 \text{ Ом.}$$

Определим ток в потребителе R $I = \frac{U_{XX}}{R + r_{BH}} = \frac{13,3}{5 + 0,33} = 2,5 \text{ А.}$

Расчёт электрической цепи методом эквивалентного генератора осуществляют в такой последовательности. Размыкают ветвь, в которой требуется определить ток. Находят напряжение на зажимах разомкнутой ветви U_{xx} используя второй закон Кирхгофа. Для этого токи в оставшейся части схемы рассчитывают любым методом. Затем определяют сопротивление оставшейся части схемы $r_{вн}$ по отношению к разомкнутым зажимам при закороченных ЭДС (внутренние сопротивления ЭДС нужно учитывать). Полученное значение $r_{вн}$ это внутреннее сопротивление эквивалентного генератора. Искомый ток в ветви определяется по формуле

$$I = \frac{U_{xx}}{R + r_{вн}}, \text{ если ветвь содержит источник ЭДС, то } I = \frac{U_{xx} \pm E}{R + r_{вн}}.$$

Напряжение холостого хода U_{xx} и внутреннее сопротивление $r_{вн}$ эквивалентного генератора могут быть определены опытным путём. В эксперименте сначала размыкают ветвь, в которой ищут ток и вольтметром определяют напряжение на разомкнутых зажимах U_{xx} . Затем закорачивают эту ветвь и амперметром определяют ток короткого замыкания $I_{кз}$ (не все устройства позволяют это сделать – ток может быть слишком большим). Искомое сопротивление $r_{вн} = U_{xx} / I_{кз}$.

Пример 4.8. Определить показание амперметра методом эквивалентного генератора для электрической цепи (рис. 4.26), если $E_1 = 20$ В, $E_2 = 10$ В, $R_1 = R_2 = R_3 = 2$ Ом.

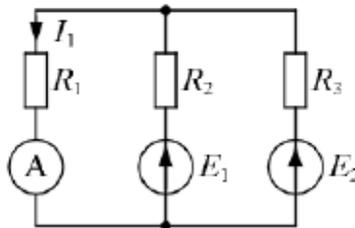


Рис. 4.26

Решение. Удаляем из цепи ветвь с искомым током и сопротивлением R_1 . Получаем цепь в режиме холостого хода ветви ab (рис. 4.27).

Определяем напряжение на зажимах разомкнутой ветви $U_{ab,xx}$, для чего определяем ток I_{xx} :

$$I_{xx} = \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_3} = \frac{20 - 10}{2 + 2} = 2,5 \text{ А.}$$

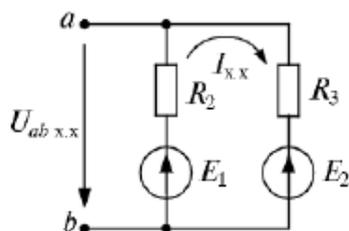


Рис. 4.27

Записываем уравнение по второму закону Кирхгофа для контура, проходящего через узлы a , b и ветвь с R_2 , E_1 :

$$I_{x,x}R_2 + U_{ab\ x,x} = E_1;$$

$$U_{ab\ x,x} = E_1 - I_{x,x}R_2 = 20 - 2,5 \cdot 2 = 15 \text{ В.}$$

Закорачиваем все ЭДС и определяем входное сопротивление (рис. 4.28):

$$R_{\text{вх}} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{2 \cdot 2}{2 + 2} = 1 \text{ Ом.}$$

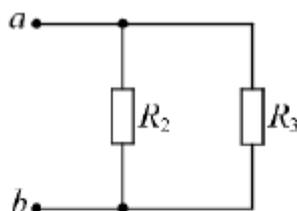


Рис. 4.28

Определяем показание амперметра, т. е. ток I_1 по уравнению (4.38):

$$I_1 = \frac{U_{ab\ x,x}}{R_{\text{вх}} + R_1} = \frac{15}{1 + 2} = 5 \text{ А.}$$