

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ С ПОМОЩЬЮ ТЕОРЕМ ОБ ЭКВИВАЛЕНТНОМ ИСТОЧНИКЕ

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ, ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ЕЁ ВЫПОЛНЕНИЯ

Целью выполнения лабораторной работы является формирование практических навыков использования методов для расчета электрических цепей, опирающихся на [теоремы](#) об эквивалентном источнике.

Основными задачами выполнения лабораторной работы являются:

1. определение значения тока в ветви с помощью моделирования схемы;
2. определение значения тока в ветви с использованием теорем об эквивалентном источнике.

Результатами работы являются:

- схемы электрических цепей и показания приборов;
- уравнения, составленные по теоремам об эквивалентном источнике для заданной электрической цепи, и их решение;
- подготовленный отчет.

Необходимое оборудование для выполнения лабораторной работы:

- персональный компьютер с программным обеспечением Micro-Cap.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Активный и пассивный двухполюсники

В любой электрической схеме всегда можно выделить, какую – то одну ветвь, а всю остальную часть схемы, вне зависимости от ее структуры и сложности, условно изобразить некоторым прямоугольником (рис. 23). **Двухполюсник** – это обобщенное название схемы, которая своими двумя выходными зажимами (полюсами) присоединяется к выделенной ветви.

Если в двухполюснике есть ЭДС или источник тока, то такой двухполюсник называется **активным**.

Если в двухполюснике нет ЭДС и источника тока, то двухполюсник называется **пассивным**.

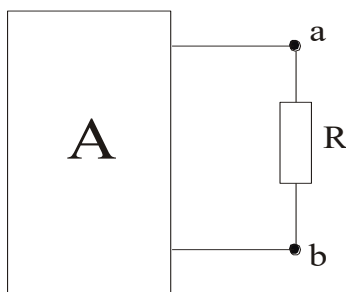


Рис. 23. Условное изображение активного двухполюсника

Для расчета электрических цепей существуют методы, которые опираются на два варианта теоремы об эквивалентном источнике.

Теорема об эквивалентном источнике напряжения (Thevenin's theorem): Любой линейный активный двухполюсник может быть представлен в виде эквивалентного источника напряжения, ЭДС которого равна напряжению холостого хода на зажимах двухполюсника, а внутреннее сопротивление равно сопротивлению между зажимами двухполюсника, когда все источники внутри него выключены.

Холостой ход соответствует размыканию ветви, т.е. отсутствию тока в ветви.

Пример. Задана электрическая схема (рис. 24), в которой:

$R_1 = 15 \text{ Ом}$, $R_2 = 10 \text{ Ом}$, $R_3 = 10 \text{ Ом}$, $E_1 = 20 \text{ В}$.

Найти ток I_3 .

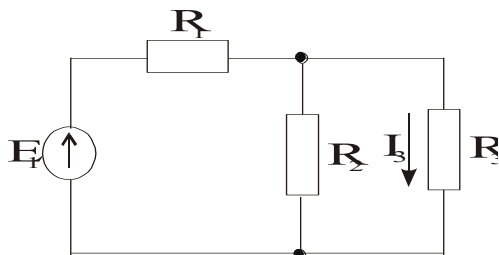


Рис. 24. Схема электрической цепи

Решение:

Для определения тока I_3 мысленно удалим R_3 из цепи и воспользуемся теоремой об эквивалентном источнике напряжения. Оставшаяся часть схемы представляет собой активный двухполюсник (рис. 25).

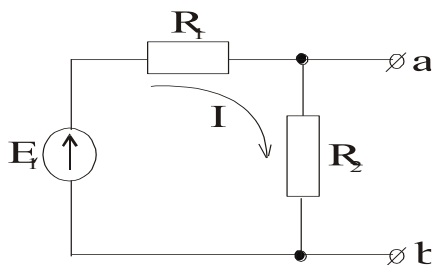


Рис. 25. Преобразованная схема электрической цепи

Найдем напряжение холостого хода $u_{abx.x}$ и внутреннее сопротивление двухполюсника R_{ab} .

$$I = \frac{E_1}{R_1 + R_2} = \frac{20}{25} = 0,8 \text{ А} \quad ; \quad u_{abx.x} = \varphi_a - \varphi_b = IR_2 = 0,8 \cdot 10 = 8 \text{ В} \quad ;$$

$$R_{ab} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{150}{25} = 6 \text{ Ом}.$$

По теореме об эквивалентном источнике напряжения линейный активный двухполюсник представляется в виде генератора ЭДС и сопротивления R_{ab} (рис. 26).

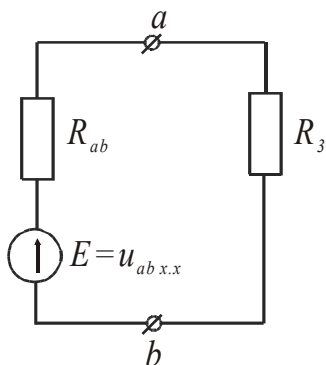


Рис. 26. Преобразованная, согласно теореме, схема электрической цепи

Из рис. 26 найдем ток I_3 :

$$I_3 = \frac{u_{abx.x}}{R_{ab} + R_3} = \frac{8}{6 + 10} = 0,5 \text{ A}.$$

Теорема об эквивалентном источнике тока (Norton's theorem):

Любой линейный активный двухполюсник может быть представлен в виде эквивалентного источника тока, ток которого равен току короткого замыкания, проходящего между зажимами двухполюсника, а внутреннее сопротивление равно сопротивлению между зажимами двухполюсника, когда все источники внутри него выключены.

Для рассмотренного примера мысленно удалим R_3 и воспользуемся теоремой об эквивалентном источнике тока (рис. 27).

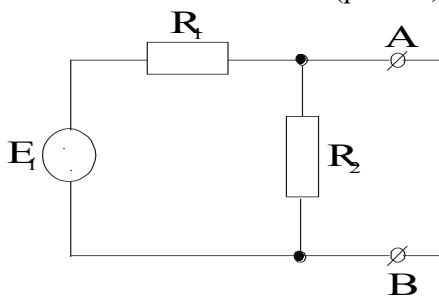


Рис. 27. Преобразованная схема электрической цепи

Сопротивление R_3 стало равным нулю ($R_3 = 0$) и для этой ветви имеет место режим короткого замыкания, а протекающий ток по этой ветви будет являться током короткого замыкания ($I_{кз}$).

$$I_{\kappa 3} = \frac{E_I}{R_I} = \frac{20}{15} = 1,33 \text{ A}.$$

Схема, эквивалентная рис. 24, представлена на рис. 28.

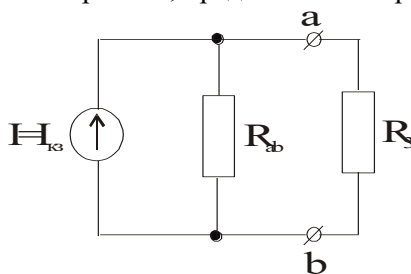


Рис. 28. Схема электрической цепи, преобразованная по теореме об эквивалентном источнике тока

Из рис. 28 определим ток I_3 :

$$I_3 = I_{\kappa 3} \frac{R_{ab}}{R_3 + R_{ab}} = 1,33 \cdot \frac{6}{10 + 6} = 0,5 \text{ A}.$$

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

На выполнение лабораторной работы отводится 2 академических часа.

Порядок выполнения:

1. Изучить краткий теоретический материал.
2. Собрать схему электрической цепи и определить значение напряжение холостого хода, тока короткого замыкания и сопротивления между зажимами двухполюсника.
3. Составить уравнения и вычислить значение напряжение холостого хода, тока короткого замыкания и сопротивления между зажимами двухполюсника.
4. Согласно теоремам об эквивалентном источнике построить преобразованные схемы электрической цепи и определить значение тока в исследуемой ветви.
5. Оформить отчет.
6. Защитить выполненную работу у преподавателя.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Для электрической цепи (рис. 29) определим ток, проходящий через сопротивление R_2 .

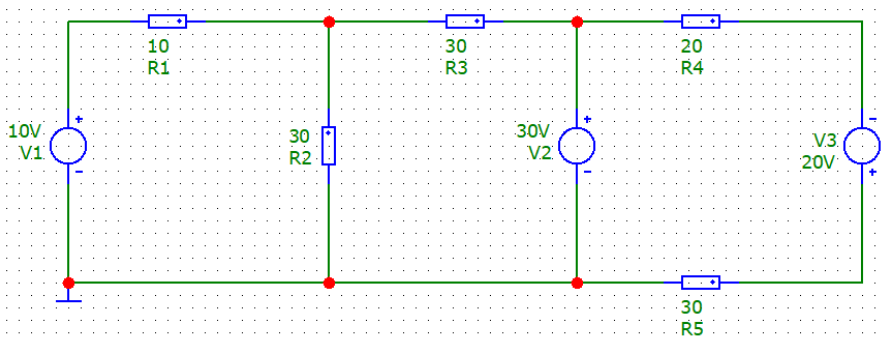


Рис. 29. Исходная схема

Схема исследования электрической цепи показана на рис.30.

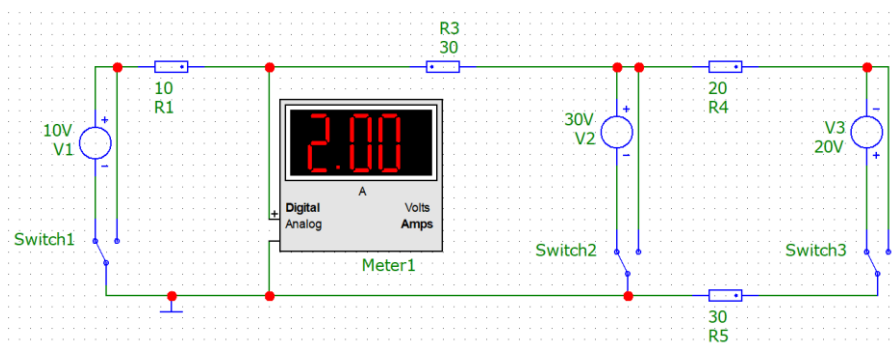


Рис. 30. Схема исследования электрической цепи

Сопротивление R_2 из цепи исключено. Для измерения напряжения холостого хода (U_{xx}), тока короткого замыкания ($I_{кз}$) и сопротивления R_{ab} используется мультиметр. В электрическую цепь включены три переключателя, которые используются для отключения источников постоянного напряжения при измерении R_{ab} .

В результате измерений получаем следующие значения:

$$U_{xx} = 15 \text{ В}; I_{кз} = 2 \text{ А}; R_{ab} = 7,5 \text{ В}.$$

По формулам определим значение тока I_2 :

$$I_2 = \frac{U_{xx}}{R_{ab} + R_2} = \frac{15}{7,5 + 30} = 0,4 \text{ А};$$

$$I_2 = I_{кз} \frac{R_{ab}}{R_{ab} + R_2} = 2 \cdot \frac{7,5}{7,5 + 30} = 0,4 \text{ А}.$$

Произведем расчет для схемы (рис.29). Сопротивление R_{ab} определим из схемы, в которой источники постоянного напряжения отключены (рис.31).

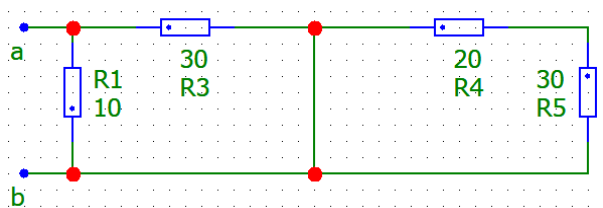


Рис.31. Схема для расчета R_{ab}

$$R_{ab} = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} = \frac{30 \cdot 10}{30 + 10} = 7,5 \text{ Ом}.$$

Напряжения холостого хода U_{xx} найдем из схемы на рис. 32.

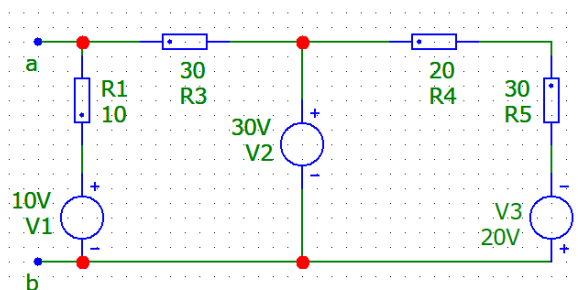


Рис. 32. Схема для расчета U_{xx}

$U_{xx} = IR_1 - E_1$; где I – ток в контуре $E_1 R_1 R_3 E_2$, который определяется по формуле: $I = \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_3} = \frac{-20}{40} = -0,5 \text{ A}.$

$$U_{xx} = 0,5 \cdot 10 - 10 = -15 \text{ В}.$$

Искомый ток через сопротивление R_2 рассчитывается по формуле:

$$I_2 = \frac{U_{xx}}{R_{ab} + R_2} = \frac{-15}{7,5 + 30} = -0,4 \text{ A}.$$

Согласно теореме об эквивалентном источнике тока, ток I_2 можно определить через ток короткого замыкания $I_{кз}$ по формуле:

$$I_2 = I_{кз} \frac{R_{ab}}{R_{ab} + R_2}.$$

ВАРИАНТЫ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

Варианты заданий соответствуют вариантам лабораторной работы № 1. Рассчитывается значение тока, проходящего через сопротивление и обозначенное на схеме $I - ?$.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что называется двухполюсником?

2. Какие двухполюсники называются активными?
3. Какие двухполюсники называются пассивными?
4. Сформулируйте теорему об эквивалентном источнике напряжения.
5. Сформулируйте теорему об эквивалентном источнике тока.
6. Чем можно заменить линейный активный двухполюсник согласно теореме об эквивалентном источнике напряжения?
7. Чем можно заменить линейный активный двухполюсник согласно теореме об эквивалентном источнике тока?
8. Объясните способ определения напряжения холостого хода.
9. Объясните способ определения тока короткого замыкания.
10. Как определяется внутреннее сопротивление двухполюсника?

ФОРМА ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Номер варианта студенту выдается преподавателем. Отчет на защиту предоставляется в печатном виде.

Структура отчета (на отдельном листе(-ах)):

- титульный лист;
- цели и задачи работы;
- формулировка задания (вариант);
- схема электрической цепи и значения напряжение холостого хода, тока короткого замыкания и сопротивления между зажимами двухполюсника токов, полученные по показанию прибора;
- уравнения для определения напряжения холостого хода, тока короткого замыкания и сопротивления между зажимами двухполюсника;
- преобразованные схемы электрической цепи и вычисленное значение тока в исследуемой ветви;
- выводы.