

Здравствуйте, ув. обучающиеся!

Учебная дисциплина: Основы электротехники

Тема урока: «Расчет параметров электрической цепи методом контурных токов»

Задание к лекции:

Вам необходимо самостоятельно изучить текст лекции, выполнить задания и письменно ответить на контрольные вопросы.

Выполненную работу оформить письменно в рабочих тетрадях (либо в электронном виде) и отправить отдельным файлом (электронный документ) в личное сообщение через социальную сеть VK или на электронную почту преподавателя (ol.sklyarova2015@gmail.com).

Если такой возможности нет, выполненное задание предоставить в распечатанном (рукописном) виде после возобновления занятий.

1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ:

Метод основан на использовании только второго закона Кирхгофа.

Схема делится на **ячейки** (независимые контуры). Для каждого контура вводится свой ток I_k , который является расчётной величиной.

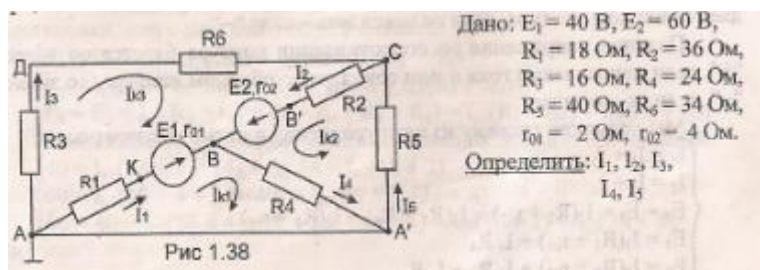


Рис.1

Итак, в заданной цепи (рис. 1) можно рассмотреть три контура-ячейки (АДСВА, АВА'А, А'СВА') и ввести для них контурные токи $I_{к1}$, $I_{к2}$, $I_{к3}$.

Если в контуре ячейки имеется ветвь, не входящая в другие контуры, то она называется **внешней**. В таких ветвях контурные токи I_k являются действительными токами во внешних ветвях $I_{kn} = I_n$.

Ветви, принадлежащие двум смежным контурам, называются **смежными ветвями**. В них действительный ток равен алгебраической сумме контурных токов смежных контуров с учётом их направления.

Порядок расчёта:

1. Произвольно выбираем направление (против часовой или по часовой) контурных токов в контурах (ячейках).
2. Направление обхода контура принимаем таким же, как направление контурного тока.
3. Составляем уравнения для каждого контура:

3.1 Смотрим, как направлена ЭДС относительно обхода контура. Если направление обхода контура совпадает, то значение ЭДС записываем со знаком «+» (в левой части уравнения), если не совпадает, то со знаком «-» (записываем также в левой части уравнения). Эдс в контуре может быть несколько — тогда выполняем выше указанное действие для каждого эдс. Если в контуре нету ни одного источника эдс то записываем ноль;

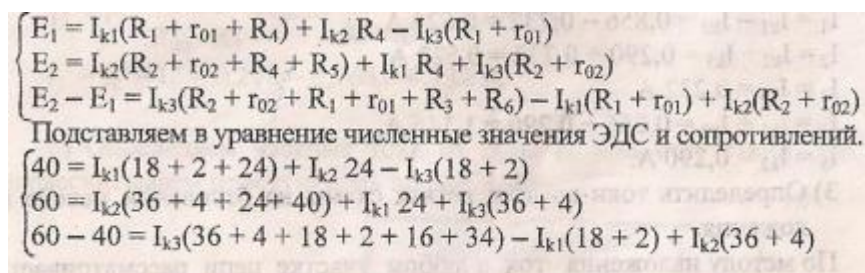
3.2 В левой части записываем:

3.2.1 Произведение контурного тока и сумму всех сопротивлений данного контура.

3.2.2 Произведение контурного тока который протекает по смежной ветви и сумму всех сопротивлений которые включены в смежную цепь.(знак произведения выбираем в зависимости совпадает ли направление обхода контура с направлением контурного тока протекающего по смежной цепи).

Если в контуре есть несколько смежных ветвей то повторяем пункт 3.2.2 для всех ветвей по отдельности.

После **третьего** пункта у вас должно получиться уравнение данного типа:
ЭДС = Контурный ток * сумма всех сопротивлений данного контура — или + контурный ток смежной цепи * сумма всех сопротивлений смежной ветви.


$$\begin{cases} E_1 = I_{k1}(R_1 + r_{01} + R_4) + I_{k2} R_4 - I_{k3}(R_1 + r_{01}) \\ E_2 = I_{k2}(R_2 + r_{02} + R_4 + R_5) + I_{k1} R_4 + I_{k3}(R_2 + r_{02}) \\ E_2 - E_1 = I_{k3}(R_2 + r_{02} + R_1 + r_{01} + R_3 + R_6) - I_{k1}(R_1 + r_{01}) + I_{k2}(R_2 + r_{02}) \end{cases}$$

Подставляем в уравнение численные значения ЭДС и сопротивлений.

$$\begin{cases} 40 = I_{k1}(18 + 2 + 24) + I_{k2} 24 - I_{k3}(18 + 2) \\ 60 = I_{k2}(36 + 4 + 24 + 40) + I_{k1} 24 + I_{k3}(36 + 4) \\ 60 - 40 = I_{k3}(36 + 4 + 18 + 2 + 16 + 34) - I_{k1}(18 + 2) + I_{k2}(36 + 4) \end{cases}$$

$$40 = 44 * I_{k1} + 24 * I_{k2} - 20 * I_{k3}$$

$$60 = 24 * I_{k1} + 104 * I_{k2} + 40 * I_{k3}$$

$$20 = -20 \cdot I_{k1} + 40 \cdot I_{k2} + 110 \cdot I_{k3}$$

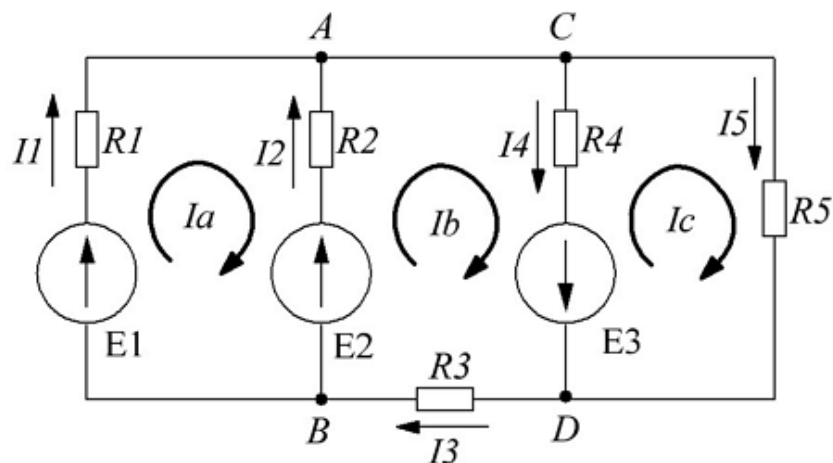
4. Полученные уравнения записываем в систему и решаем. После решения системы получаем контурные токи равные токам действительным во внешних ветвях.

5. Находим действительные токи в смежных ветвях из алгебраической суммы контурных токов.

$$\begin{aligned} I_1 &= I_{k1} - I_{k3} = 0,856 - 0,232 = 0,624 \text{ A,} \\ I_2 &= I_{k2} + I_{k3} = 0,290 + 0,232 = 0,522 \text{ A,} \\ I_3 &= I_{k3} = 0,232 \text{ A,} \\ I_4 &= I_{k1} + I_{k2} = 0,856 + 0,290 = 1,146 \text{ A,} \\ I_5 &= I_{k2} = 0,290 \text{ A.} \end{aligned}$$

Пример.

В качестве примера рассчитаем цепь, изображённую на рисунке ниже:



Расчет цепи методом контурных токов.

Если бы мы вели расчёт цепи по методу законов Ома и Кирхгофа, то необходимо было бы решить систему из пяти уравнений. Для расчёта по методу контурных токов необходимо всего три уравнения.

В начале расчёта выделяют независимые контуры, в нашем случае это: E1R1R2E2, E2R2R4E3R3 и E3R4R5. Затем контурам присваивают произвольно направленный контурный ток, который имеет одинаковое направление для всех участков выбранного контура, в нашем случае для первого контура контурный ток будет Ia, для второго – Ib, для третьего – Ic.

Как видно из рисунка некоторые контурные токи соответствуют токам в ветвях

$$I_a = I_1, \quad I_b = I_3, \quad I_c = I_5$$

Остальные же токи можно найти как разность двух контурных токов

$$I_2 = I_b - I_a, \quad I_4 = I_b - I_c$$

В результате выбора контурных токов можно составить систему уравнений по второму закону Кирхгофа

$$\begin{cases} E_1 - E_2 = I_a(R_1 + R_2) - I_b R_2 \\ E_2 + E_3 = I_b(R_2 + R_4 + R_3) - I_a R_2 - I_c R_4 \\ -E_3 = I_c(R_4 + R_5) - I_b R_4 \end{cases}$$

Рассчитаем схему, изображённую на рисунке выше со следующими параметрами $E_1 = E_3 = 100$ В, $E_2 = 50$ В, $R_1 = R_2 = 10$ Ом, $R_3 = R_4 = R_5 = 20$ Ом. Запишем систему уравнений

$$\begin{cases} 100 - 50 = I_a(10 + 10) - I_b * 10 \\ 50 + 100 = -I_a * 10 + I_b(10 + 20 + 20) - I_c * 20 \\ -100 = -I_b * 20 + I_c(20 + 20) \end{cases}$$

В результате решения системы получим $I_a = I_1 = 4,286$ А, $I_b = I_3 = 3,571$ А, $I_c = I_5 = -0,714$ А, $I_2 = -0,715$ А, $I_4 = 4,285$ А. Так же как и в предыдущем случае если токи получаются отрицательными, значит действительное направление противоположно принятому. Таким образом, токи I_2 и I_5 имеют направление противоположное изображённым на рисунке.

2. ЗАДАНИЯ К ЛЕКЦИИ

1. Ознакомиться с теоретическим материалом лекции.
2. Законспектировать в тетради алгоритм решения задач **методом контурных токов**.
3. Ответить на контрольные вопросы.

3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое внешняя ветвь в контуре?
2. Что такое смежная ветвь?
3. Чему равен действительный ток в таких ветвях?
4. Сформулируйте второй закон Киргофа.

Здравствуйте, ув. обучающиеся!

Учебная дисциплина: Основы электротехники

Тема урока: «Расчет параметров электрической цепи методом наложения токов»

Задание к лекции:

Вам необходимо самостоятельно изучить текст лекции, выполнить задания и письменно ответить на контрольные вопросы.

Выполненную работу оформить письменно в рабочих тетрадях (либо в электронном виде) и отправить отдельным файлом (электронный документ) в личное сообщение через социальную сеть VK или на электронную почту преподавателя (ol.sklyarova2015@gmail.com).

Если такой возможности нет, выполненное задание предоставить в распечатанном (рукописном) виде после возобновления занятий.

1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ:

Наряду с методом контурных токов для анализа электрических цепей используется другой метод – **метод наложения**. Этот метод основан на принципе наложения, который применяется только к линейным системам.

Метод наложения относительно прост, и в основном применяется для несложных электрических цепей.

Его суть заключается в том, что токи в ветвях определяются как алгебраическая сумма их составляющих от каждого источника. То есть каждый источник тока вносит свою часть в каждый ток в цепи, а чтобы найти эти токи, нужно найти и сложить все составляющие. Таким образом, мы сводим решение одной сложной цепи к нескольким простым (с одним источником).

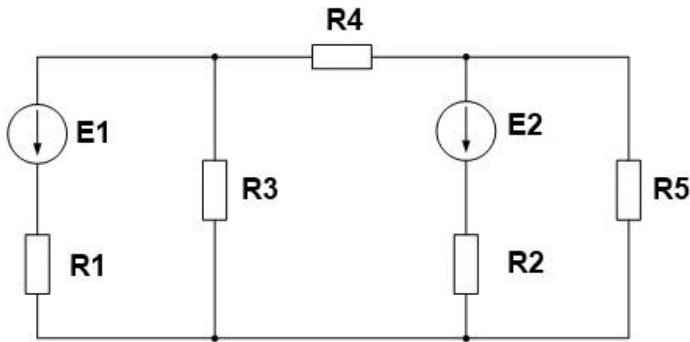
Порядок расчета

1 – Составление частных схем, с одним источником ЭДС, остальные источники исключаются, от них остаются только их внутренние сопротивления.

2 – Определение частичных токов в частных схемах, обычно это несложно, так как цепь получается простой.

3 – Алгебраическое суммирование всех частичных токов, для нахождения токов в исходной цепи.

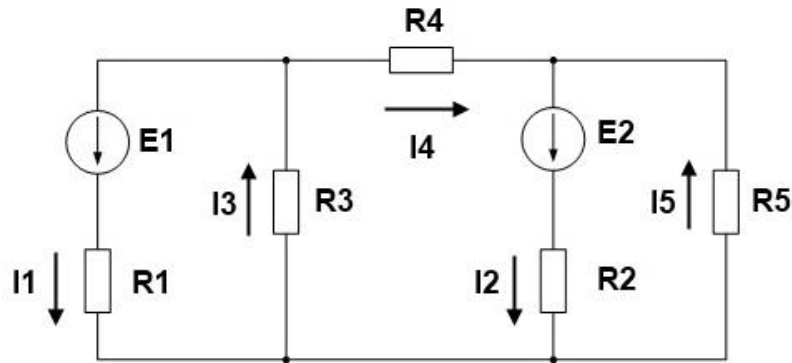
Пример решения методом потенциалов



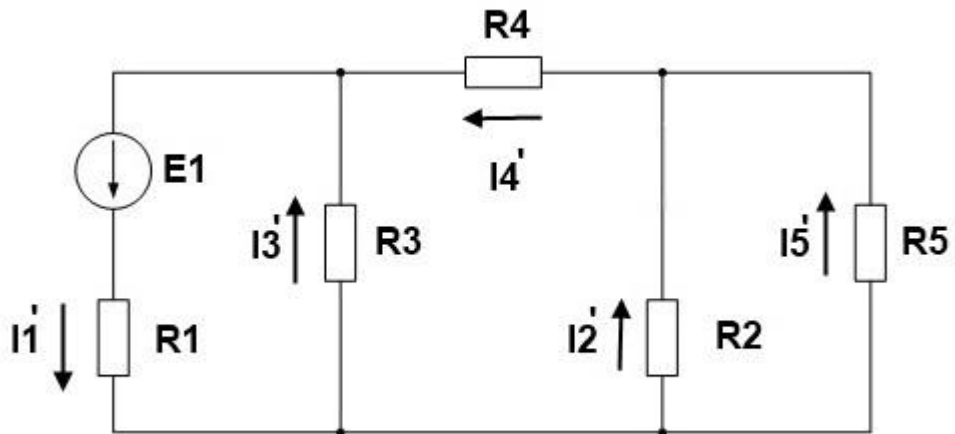
Дано
 $E_1 = 100 \text{ В}$
 $E_2 = 120 \text{ В}$
 $R_1 = 2 \text{ Ом}$
 $R_2 = 3 \text{ Ом}$
 $R_3 = 25 \text{ Ом}$
 $R_4 = 40 \text{ Ом}$
 $R_5 = 20 \text{ Ом}$

$I - ?$

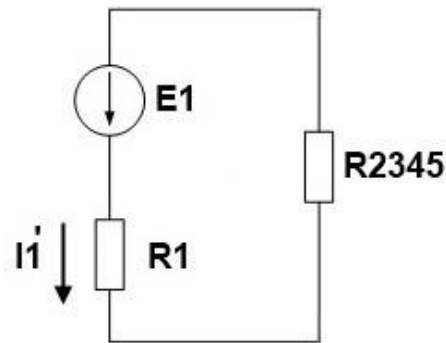
1. Для начала произвольно выберем направление токов, если в итоге какой либо ток получится со знаком минус, значит нужно изменить направление данного тока на противоположное.



2. Составим частную схему с первым источником ЭДС и рассчитаем частные токи в ней, убрав второй источник. Для удобства частичные токи будем обозначать штрихами.



Свернем схему к одному контуру, с сопротивлением источника и эквивалентным сопротивлением цепи для нахождения тока источника I_1 .



Найдем ток по закону Ома для полной цепи

$$I_1' = \frac{E_1}{R_1 + \frac{R_3 \left(\frac{R_2 R_5}{R_2 + R_5} + R_4 \right)}{R_3 + \frac{R_2 R_5}{R_2 + R_5} + R_4}} = \frac{100}{2 + 15.756} = 5.632 \text{ A}$$

Найдем напряжение на R_{2345}

$$U_{2345} = I_1' R_{2345} = 5.632 * 15.756 = 88.738 \text{ В}$$

Тогда ток I_3 равен

$$I_3' = \frac{U_{2345}}{R_3} = 3.549 \text{ A}$$

А ток I_4

$$I_4' = \frac{U_{2345}}{R_4 + R_{25}} = 2.082 \text{ A}$$

Определим напряжение на R_{25}

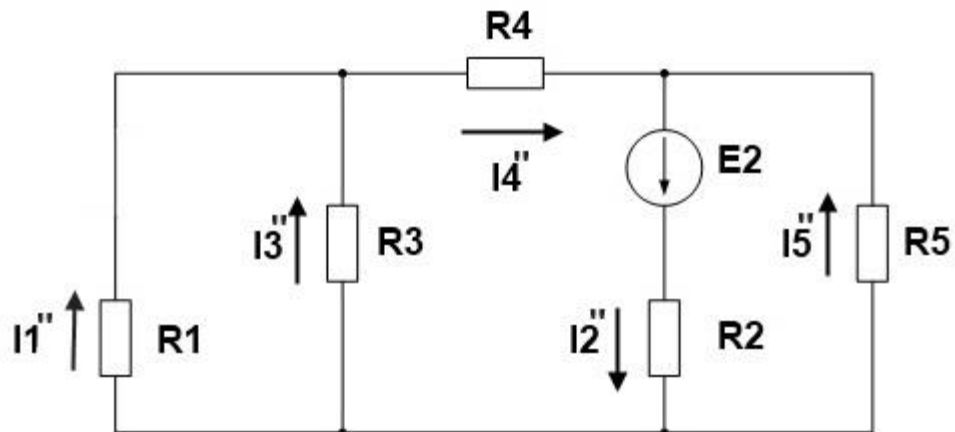
$$U_{25} = I_4' R_{25} = 5.43 \text{ В}$$

Найдем токи I_2 и I_5

$$I_2' = \frac{U_{25}}{R_2} = 1.81 \text{ A}$$

$$I_5' = \frac{U_{25}}{R_5} = 0.272 \text{ A}$$

3. Составим частную схему со вторым источником ЭДС



Аналогичным образом вычислим все частичные токи от второй ЭДС

$$I_1'' = 2.174 \text{ A}$$

$$I_2'' = 7.258 \text{ A}$$

$$I_3'' = 0.174 \text{ A}$$

$$I_4'' = 2.347 \text{ A}$$

$$I_5'' = 4.911 \text{ A}$$

4. Найдем токи в исходной цепи, для этого просуммируем частичные токи, учитывая их направление. Если направление частичного тока совпадает с направлением исходного тока, то берем со знаком плюс, в противном случае со знаком минус.

$$I_1 = I_1' - I_1'' = 3.459 \text{ A}$$

$$I_2 = -I_2' + I_2'' = 5.448 \text{ A}$$

$$I_3 = I_3' + I_3'' = 3.723 \text{ A}$$

$$I_4 = -I_4' + I_4'' = 0.265 \text{ A}$$

$$I_5 = I_5' + I_5'' = 5.183 \text{ A}$$

5. Проверим с правильность решения с помощью баланса мощностей.

$$I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 + I_3^2 R_3 + I_4^2 R_4 + I_5^2 R_5 = E_1 I_1 + E_2 I_2$$

$$999,6 \text{ Вт} \approx 999,7 \text{ Вт}$$

Небольшая погрешность связана с округлениями промежуточных значений в ходе выполнения вычислений.

2. ЗАДАНИЯ К ЛЕКЦИИ

1. Ознакомиться с теоретическим материалом лекции.
2. Законспектировать в тетради алгоритм решения задач **методом наложения токов**.
3. Ответить на контрольные вопросы.

3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. На чем основан метод наложения токов?
2. Что такое баланс мощностей?
3. Какие существуют виды соединения резисторов? Какой вид использовался в примере лекции?