

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Тобольский индустриальный институт (филиал)
Кафедра электроэнергетики

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ**

Методические указания по выполнению курсовой работы
по дисциплине «Теоретические основы электротехники»
для обучающихся направления подготовки
13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника

Составитель ***Е.Н. Леонов***

Тюмень
ТИУ
2020

Теоретические основы электротехники: по выполнению курсовой работы по дисциплине «Теоретические основы электротехники» для обучающихся направления подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника / сост. Е.Н. Леонов; Тюменский индустриальный университет. – 1-е изд. – Тобольск: ТИУ, 2020. – 20 с.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию на заседании кафедры электроэнергетики

«23» октября 2020 года, протокол № 04.

Аннотация

Методические указания к курсовой работе по дисциплине «Теоретические основы электротехники» содержат 7 заданий по расчёту цепи постоянного тока различными методами, с 200 вариантами исходных данных для каждого задания. Также приведены методические указания по решению заданий и примеры составления уравнений для последующих расчётов. Дисциплина «Теоретические основы электротехники» изучается в двух семестрах. Курсовая работа выполняется во время изучения первой части дисциплины у обучающихся очной формы и второй – у обучающихся заочной формы.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Целью изучения дисциплины «Теоретические основы электротехники» является: освоение фундаментальных знаний в области теории линейных и нелинейных электрических и магнитных цепей, а также теории электромагнитного поля; получение теоретических и практических знаний законов электрических цепей и электромагнитных полей, методов анализа и моделирования электромагнитных цепей и полей и на их основе получение знаний о физических явлениях и характере процессов в электромагнитных устройствах.

На основании этого основными задачами курсовой работы по дисциплине «Теоретические основы электротехники» является освоение обучающимися фундаментальных знаний в области теории линейных электрических цепей и их законов, а также освоение методов анализа электрических цепей.

Обучающийся после выполнения курсовой работы должен обладать компетенцией, предусмотренной ФГОС ВО «Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин» (ОПК-3), в частности индикатором достижения компетенции ОПК-3.1 «Использует методы анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока» в виде результатов по изучению дисциплины:

- знать основные законы электротехники, методы анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей постоянного тока;
- уметь моделировать линейные цепи постоянного тока;
- владеть методами расчета линейных электрических цепей, анализировать процессы.

Курсовая работа призвана закрепить у обучающихся указанную компетенция в виде практических расчётов, а также подготовить их к другим электротехническим дисциплинам и выпускной квалификационной работы. Качество и степень проработки заданий (точность расчётов) позволят судить о квалификации обучающихся по избранному им направлению подготовки.

Вариант задания определяется по цифрам номера зачетной книжки студента для заочного отделения и преподавателем для студентов очного обучения: а, в, с. Где в и с = 0, 1, 2, ... 9, предпоследняя и последняя цифра зачётной книжки, соответственно. Цифра а принимается по указанию преподавателя.

К выполнению курсовой работы следует приступать после изучения необходимого материала по данной теме из рекомендованной литературы.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ

Перед выполнением работы следует, внимательно ознакомиться с настоящими правилами и строго их выполнять. Работы, выполненные небрежно и без соблюдения правил, возвращаются для переделки.

Курсовая работа выполняется в виде скрепленных в скоросшивателе листах белой бумаги формата А4.

Текст курсовой работы следует оформить в виде текста на персональном компьютере с помощью текстового редактора и отпечатанного на принтере на листах формата А4 с одной стороны. Цвет шрифта – черный. Поля страницы должны иметь следующие размеры: левое – 30 мм, правое – 15 мм, верхнее и нижнее – 20 мм. Текст набирается через полтора интервала шрифтом Times New Roman, размер шрифта 14, форматирование – по ширине, абзацный отступ равен 1,25 мм.

Допускается аккуратно оформить курсовую работу, делая все записи ручкой, а рисунки карандашом. На каждом листе оставляются поля для пометок преподавателя.

В начале работы надо привести краткое условие, расчетную схему и исходные данные для своего варианта. В ходе решения следует давать краткие пояснения. Расчёты и пояснения надо писать разборчиво, технически и литературно грамотным языком, без сокращения слов, кроме общепринятых. Помарки, вставки, перечеркивания и т.п. не допускаются. Как исключение, на исправленный текст можно наклеить новый текст, либо использовать штрих – корректор.

Расчетные формулы следует писать сначала в общем виде (в буквенных выражениях) и лишь затем подставлять в них цифровые значения, указывая размерность полученного результата. Окончательные результаты должны быть представлены с точностью до трёх значащих цифр.

Размеры шрифта для формул:

- обычный – 14 пт;
- крупный индекс – 10 пт;
- мелкий индекс – 8 пт;
- крупный символ – 20 пт;
- мелкий символ – 14 пт.

Схемы, диаграммы и графики называются рисунками, они размещаются среди текста, номеруются и снабжаются подписью. Схемы и графики вычерчиваются только по линейке, транспортиру и трафаретам. Выполнение рисунков от руки не допускается. Стрелок на осях координат не ставят, числовая отметка в левом нижнем углу не обязана быть нулем. На осях графиков не забывать наносить обозначения физических величин и их единицы измерения.

Страницы нумеруются арабскими цифрами с соблюдением сквозной нумерации по всему тексту. Номер страницы проставляется в центре нижней части листа без точки. Титульный лист, включается в общую нумерацию страниц, без проставления на нем номера страницы.

Не зачтенную курсовую работу необходимо исправить в соответствии с замечаниями преподавателя и сдать на повторную проверку. Исправления делаются в той же тетради (скоросшивателе) в конце работы. Стирать или заклеивать замечания не разрешается.

Курсовая работа должна быть вычитана и отредактирована. Студент отвечает за грамотность и аккуратность оформления курсовой работы. На титульном листе перед своей фамилией автор ставит подпись, удостоверяющую, что текст работы проверен.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

№ п/п	Виды мероприятий в рамках текущего контроля	Количество баллов
1	Расчет методом контурных токов	10
2	Расчет методом законов Кирхгофа	10
3	Построение векторных диаграмм	10
4	Построение потенциальных диаграмм	10
5	Проверка энергетического баланса	10
6	Расчет методом узловых потенциалов	10
7	Расчет методом эквивалентного генератора	10
8	Оформление текста и рисунков пояснительной записки	10
9	Ответы на вопросы	20
	ВСЕГО	100

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

Дана трёхконтурная электрическая цепь с шестью ветвями (рис. 1), в каждой из которых есть источник ЭДС или тока и сопротивление (источники ЭДС включены последовательно с сопротивлениями, источники тока – параллельно сопротивлениям). Положительным значениям ЭДС и токов в табл. 1. и 2. соответствуют направления стрелок на рис. 1, отрицательным значениям – противоположные направления.

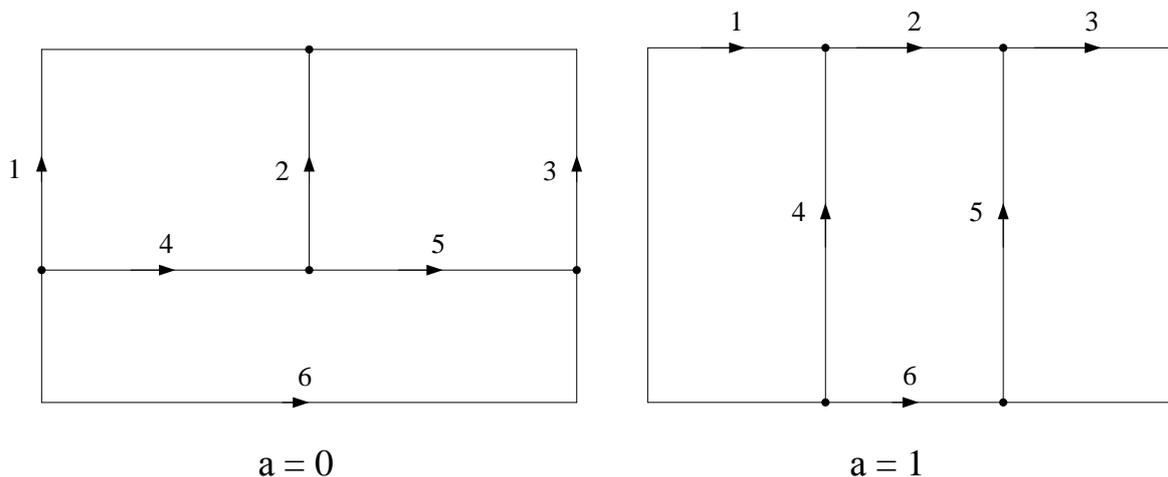


Рис. 1

Таблица 1

Номер ветви в	1			2			3		
	R, Ом	E, В	J, А	R, Ом	E, В	J, А	R, Ом	E, В	J, А
0	55	- 55	-	58	-	- 1,0	82	63	-
1	35	46	-	12	-	1,8	56	-87	-
2	76	26	-	42	-	-4,7	20	-	1,4
3	58	-63	-	29	-	1,6	55	26	-
4	63	29	-	55	-	-1,1	40	-	-4,3
5	74	90	-	31	77	-	59	-28	-
6	71	-	1,5	49	-88	-	91	79	-
7	36	-	-2,1	79	84	-	18	-	3,8
8	51	-	6,2	74	-24	-	20	- 85	-
9	98	-	-4,0	15	47	-	80	-	1,4

Таблица 2

Номер ветви с	4			5			6		
	R, Ом	E, В	J, А	R, Ом	E, В	J, А	R, Ом	E, В	J, А
0	77	-26	-	56	34	-	53	-59	-
1	93	85	-	78	-30	-	28	-	-5,2
2	9	-	5,5	14	76	-	19	60	-
3	5	-	15	45	51	-	6	-	2,2
4	63	-44	-	51	-	-3,3	69	34	-
5	56	-	-2,2	13	-31	-	88	-58	-
6	9	27	-	9	-	2,2	42	-	-6,7
7	76	41	-	22	93	-	12	57	-
8	35	-	4,1	30	-80	-	77	-86	-
9	69	-96	-	13	-	4,3	17	71	-

ТРЕБУЕТСЯ:

1. Начертить схему для своего варианта задания, обозначить элементы, а их значения выписать рядом со схемой электрической цепи.

2. Преобразовать в схеме все источники тока в источники напряжения. Рассчитать токи во всех ветвях методом контурных токов.

3. Написать систему уравнений по законам Кирхгофа, подставить в уравнения параметры цепи и найденные значения токов и проверить правильность расчетов.

4. Рассчитать энергетический баланс в заданной цепи.

5. Построить потенциальную диаграмму для внешнего контура цепи.

6. Рассчитать токи во всех ветвях методом узловых потенциалов и сравнить их с результатами расчета методом контурных токов.

7. Методом эквивалентного генератора рассчитать и построить на графике зависимость тока в указанной ветви (табл. 3) от её сопротивления.

Таблица 3.

с	0 или 9	1 или 8	2 или 7	3 или 6	4	5
Номер ветви	6	1	2	3	4	5

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

1. Один из вариантов схемы электрической цепи приведен на рис. 2.

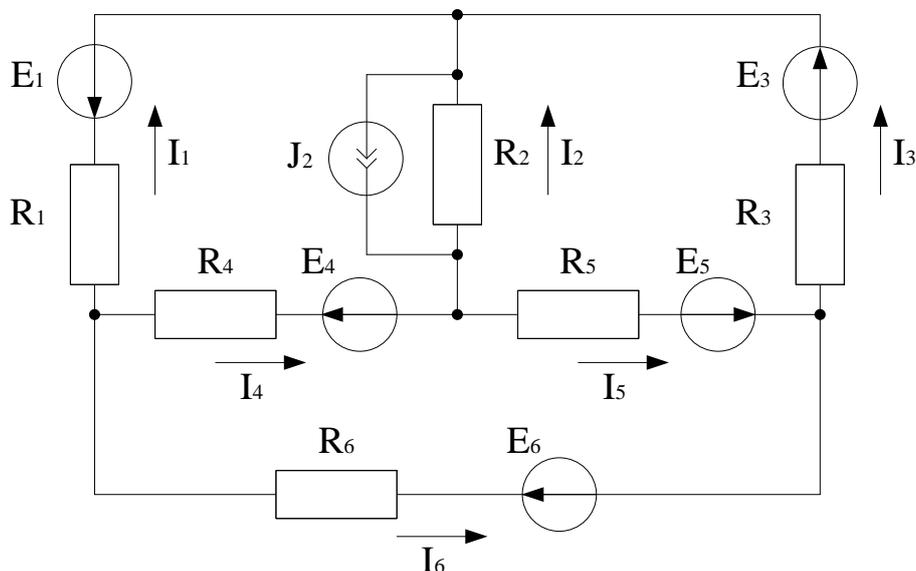


Рис. 2. Исходная расчетная схема цепи

2. Расчёт цепи по методу контурных токов (МКТ)

Сущность метода состоит в уменьшении числа совместно решаемых уравнений, путем замены реальных токов ветвей расчетными контурными токами.

2.1. Прежде чем составлять уравнение по МКТ необходимо все источники тока преобразовать в источники ЭДС.

Источник тока J с внутренним сопротивлением $R_{вн}$ (рис. 3, а) можно заменить эквивалентным источником ЭДС E (рис. 3, б) по формуле $E = J \cdot R_{вн}$, с эквивалентным внутренним сопротивлением также равным $R_{вн}$, не изменив при этом общего тока I и напряжения U рассматриваемого участка цепи. Аналогично производится замена источника ЭДС на источник тока по формуле: $J = E / R_{вн}$.

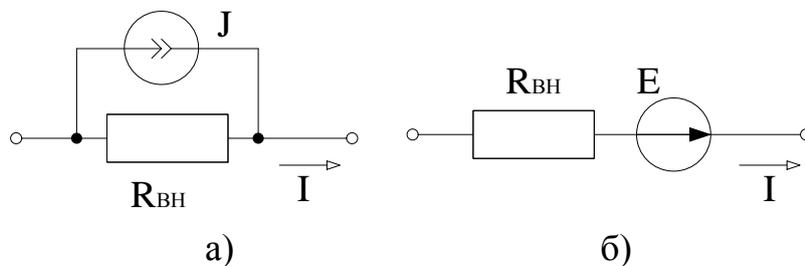


Рис. 3. Преобразование источника тока в источник ЭДС

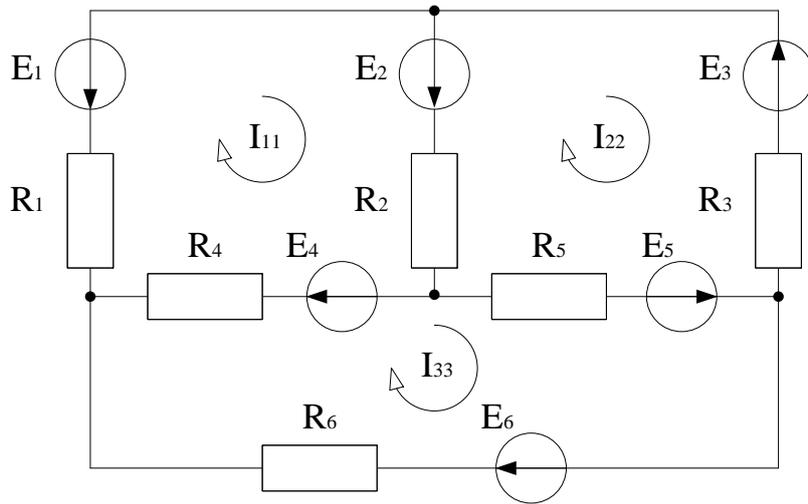


Рис. 4. Схема после замены источника тока на источник напряжения

Например, источник тока J_2 преобразуется в источник ЭДС E_2 по формуле:

$$E_2 = J_2 \cdot R_2,$$

а направление его определяется направлением источника тока (рис. 4).

2.2. Определяем количество уравнений, которые необходимо и достаточно составить по МКТ. Оно равно числу независимых контуров q в конкретной электрической схеме:

$$q = v - (y - 1),$$

где v – число ветвей ($v = 6$),

y – количество узлов ($y = 4$),

поэтому $q = 6 - (4 - 1) = 3$.

2.3. Произвольно выбираем направление контурных токов (целесообразно все токи направить в одном направлении: либо по часовой стрелке, либо против) и составляем систему уравнений по МКТ в общем виде (по второму закону Кирхгофа):

$$\begin{cases} I_{11}R_{11} + I_{22}R_{12} + I_{33}R_{13} = E_{11} \\ I_{11}R_{21} + I_{22}R_{22} + I_{33}R_{23} = E_{22} \\ I_{11}R_{31} + I_{22}R_{32} + I_{33}R_{33} = E_{33} \end{cases} \quad (1)$$

В выражении (1) R_{11} , R_{22} , R_{33} – собственные сопротивления контуров (соответственно первого, второго и третьего), представляющие собой сумму входящих в данный контур сопротивлений с положительными знаками:

$$R_{11} = R_1 + R_2 + R_4,$$

$$R_{22} = R_2 + R_3 + R_5,$$

$$R_{33} = R_4 + R_5 + R_6.$$

Сопротивления $R_{12} = R_{21}$, $R_{13} = R_{31}$, $R_{23} = R_{32}$ – называются взаимными сопротивлениями, представляют собой сопротивления ветвей, общих между соответствующими контурами. Эти сопротивления берутся с отрицательными знаками:

$$R_{12} = R_{21} = -R_2,$$

$$R_{13} = R_{31} = -R_4,$$

$$R_{23} = R_{32} = -R_5.$$

E_{11} , E_{22} , E_{33} – контурные ЭДС, представляющие собой алгебраические суммы ЭДС, входящих в контуры. Отдельная ЭДС, входящая в эту сумму, берется с положительным знаком, если ее направление совпадает с контурным током, и, наоборот, с отрицательным – если её направление навстречу контурному току, например:

$$E_{11} = -E_1 + E_2 + E_4,$$

$$E_{22} = -E_2 - E_3 - E_5,$$

$$E_{33} = -E_4 + E_5 + E_6.$$

После вычисления числовых значений сопротивлений и ЭДС производим их подстановку в систему уравнений по МКТ.

Система (1) решается относительно контурных токов I_{11} , I_{22} , I_{33} .

2.4. Для вычисления токов в ветвях зададимся положительными направлениями их, например, как показано на рис. 2. Тогда токи в ветвях схемы определяются как алгебраическая сумма контурных токов, протекающих через ветвь:

$$I_1 = I_{11},$$

$$I_2 = I_{22} - I_{11},$$

$$I_3 = -I_{22},$$

$$I_4 = I_{33} - I_{11},$$

$$I_5 = I_{33} - I_{22},$$

$$I_6 = -I_{33}.$$

Отрицательные знаки у контурных токов и токов в ветвях указывают на то, что их действительные направления противоположны тем, которые ранее выбраны в качестве положительных.

После вычисления токов в ветвях, на схеме необходимо указать их действительное направление.

3. Проверка расчета цепи по методу законов Кирхгофа.

Прежде, чем составлять систему уравнений по законам Кирхгофа, определяется общее количество уравнений (необходимых и достаточных), которое должно равняться числу неизвестных токов, т.е. количеству ветвей v . Количество уравнений которое должно быть составлено по первому закону Кирхгофа, равно $(y - 1)$, где y – число узлов в схеме. Количество уравнений по второму закону Кирхгофа равно числу независимых контуров q (см. подпункт 2).

3.1. По первому закону Кирхгофа для любого узла:

$$\sum_k I_k = 0 \quad (2)$$

Для записи уравнения необходимо учитывать направления токов в ветвях. Токи алгебраически суммируются, направленные к данному узлу берутся положительными, а от узла – отрицательными. Например, для центрального узла (рис.2)

$$I_4 - I_2 - I_5 = 0$$

Поскольку уравнения составляются для проверки правильности расчётов п.2, то следует учитывать действительные направления токов.

3.2. Составляются уравнения по второму закону Кирхгофа:

$$\sum_k I_k R_k = \sum_k E_k. \quad (3)$$

Падение напряжения в (3) берется положительным, если ток в ветви совпадает с направлением обхода контура, и отрицательным, если не совпадает. ЭДС в выражении (1.3) берется положительной, если она совпадает с направлением обхода контура и отрицательной при противоположном направлении. Например, для нижнего контура (рис. 2)

$$I_4 R_4 + I_5 R_5 - I_6 R_6 = -E_4 + E_5 + E_6.$$

3.2. В систему уравнений 2 и 3 подставляются числовые значения, и проверяется тождество уравнения. Совпадение правой и левой части уравнений с погрешностью до 5% можно считать удовлетворенным.

4. Энергетический баланс мощностей, рассеиваемых в сопротивлениях ветвей, и мощностей, развиваемых источниками энергии, проверяется с помощью уравнения:

$$\sum_k R_k I_k^2 = \sum_k E_k I_k \quad (4)$$

В левой части (4) – арифметическая сумма мощностей, выделяемая на сопротивлениях ветвей. В правой части – алгебраическая сумма произведений ЭДС источников на токи, протекающие через эти источники. Если направление ЭДС и тока совпадают, то произведение берется со знаком плюс, если направления не совпадают, то со знаком минус. Это означает, что источник ЭДС данной ветви является потребителем электроэнергии.

Совпадение правой и левой части уравнений с погрешностью до 5% можно считать удовлетворенным.

5. Потенциальной диаграммой называется график зависимости $\varphi(R)$, построенной при обходе замкнутого контура.

Построение потенциальной диаграммы включает в себя расчет потенциалов на отдельных участках электрической цепи и графическое построение изменения потенциала при обходе по внешнему контуру.

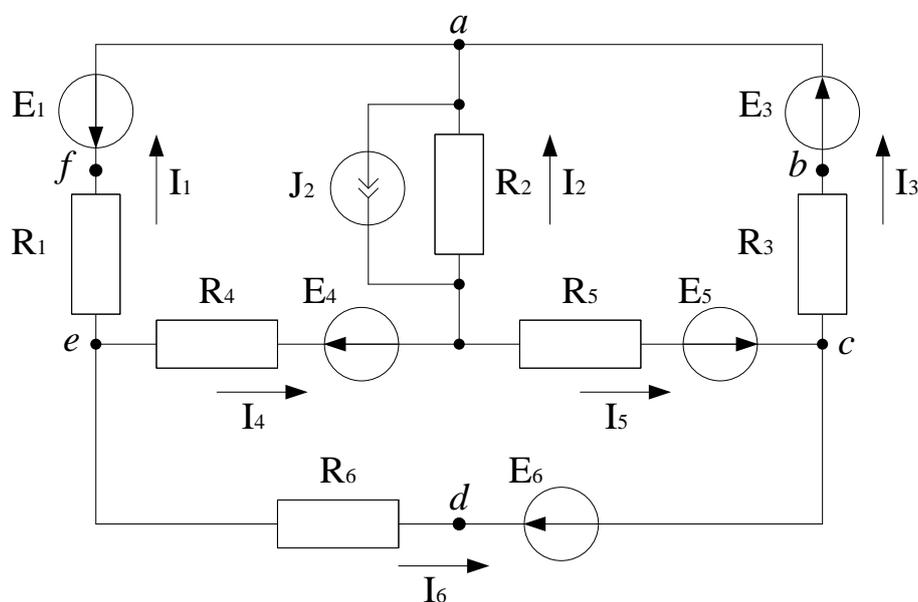


Рис. 5. Расчетная схема для построения потенциальной диаграммы

5.1. Для одной из точек контура выбираем значение потенциала любое, т.к. важны не абсолютные значения потенциалов, а их разность. Например, для точки a (рис. 5) положим значение потенциала $\varphi_a = 0$. Источник ЭДС повышает потенциал, если его направление совпадает с направлением обхода по контуру, и наоборот, понижает, если не совпадает:

$$\varphi_b = \varphi_a - E_3.$$

Падение напряжения $I R$ на участке приводит к снижению потенциала, если направление тока совпадает с направлением обхода контура, и к повышению потенциала при встречном направлении:

$$\varphi_c = \varphi_d + I_3 R_3.$$

5.2. Наносится система координат, по оси ординат которой откладываются значения потенциалов φ , а по оси абсцисс – сопротивления R (они суммируются по мере продвижения по контуру). Соответствующие точки со значениями потенциалов соединяются прямыми линиями.

На участках, содержащих сопротивления, имеет место постепенное изменение потенциала. В идеальных источниках ЭДС потенциал изменяется скачком, так как их внутренние сопротивления равны нулю.

Принцип построения потенциальной диаграммы показан на рис. 6.

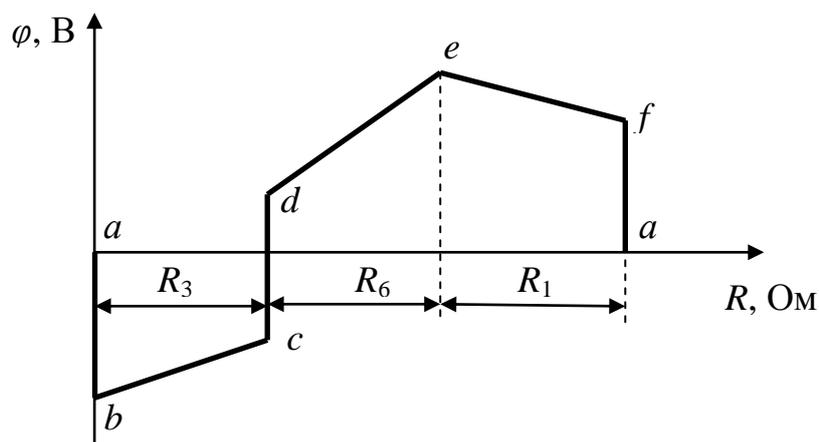


Рис. 6. Пример потенциальной диаграммы для внешнего контура

6. Прежде, чем составлять систему уравнений по методу узловых потенциалов (МУП), определяется опорный узел, потенциал которого принимается равным нулю. Обычно в качестве опорного принимается узел, к которому подключено наибольшее число ветвей, или любой другой узел, неудобный для расчета. Для схемы, приведенной на рис. 7 в качестве опорного принят узел 0:

$$\varphi_0 = 0.$$

6.1. Далее составляется система уравнений по МУП:

$$\begin{aligned} \varphi_1 G_{11} + \varphi_2 G_{12} + \varphi_3 G_{13} &= I'_{11} \\ \varphi_1 G_{21} + \varphi_2 G_{22} + \varphi_3 G_{23} &= I'_{22} \\ \varphi_1 G_{31} + \varphi_2 G_{32} + \varphi_3 G_{33} &= I'_{33} \end{aligned} \quad (5)$$

В выражении (5) обозначено: G_{11} , G_{22} , G_{33} , – сумма проводимостей всех ветвей, сходящихся в узлах соответственно 1, 2, 3, эти суммы всегда берутся с положительным знаком, например,

$$G_{11} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3},$$

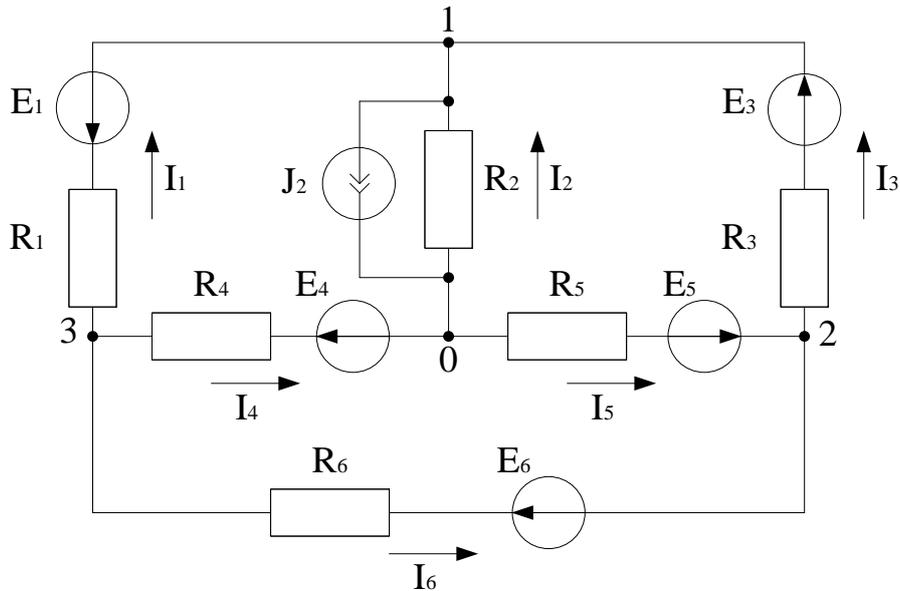


Рис. 7. Расчетная схема для вычисления узловых потенциалов

$$G_{22} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6},$$

$$G_{33} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_6}.$$

Проводимости $G_{12} = G_{21}$, $G_{13} = G_{31}$, $G_{23} = G_{32}$ определяется между соответствующими узлами 1 и 2, 1 и 3, 2 и 3, соответственно. Они берутся с отрицательными знаками (например $G_{12} = -1/R_3$).

I_{11} , I_{22} , I_{33} – узловые токи для узлов, соответственно 1, 2, 3. Эти точки представляют собой алгебраическую сумму токов от источников ЭДС или источников токов. Если эти токи направлены к данному узлу, они берутся с плюсом и, наоборот – с минусом, если направлены от узла. Например,

$$I'_{22} = \frac{E_5}{R_5} - \frac{E_6}{R_6} - \frac{E_3}{R_3}.$$

6.2. Система (5) решается относительно неизвестных потенциалов φ_1 , φ_2 , φ_3 . После их определения токи в ветвях находятся с помощью закона Ома, например:

$$I_1 = \frac{\varphi_3 - \varphi_1 - E_1}{R_1} = \frac{U_{31} - E_1}{R_1}.$$

Если токи в ветвях получились отрицательными, это означает, что истинное их направление – противоположно.

После всех вычислений результаты расчётов по п. 2 и 6 сводятся вместе в таблицу 4, для удобства проверки. Значения величин токов, найденных разными методами должны отличаться не более чем на 5%.

Таблица 4.

с	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6
МКТ						
МУП						

7. Метод эквивалентного генератора (МЭГ) применяется для определения тока в одной какой-либо ветви сложной электрической цепи.

Этот метод основан на том, что электрическую цепь, независимо от количества входящих в нее активных и пассивных элементов, относительно интересующей нас ветви можно заменить эквивалентным пассивным двухполюсником. Весь расчет сводится к определению параметров этого источника.

7.1. Для этого размыкается необходимая ветвь, и заданная цепь вычерчивается с отключенной ветвью. Например, отключению ветви I (рис. 3, взятого для удобства расчета) соответствует схема, показанная на рис. 8.

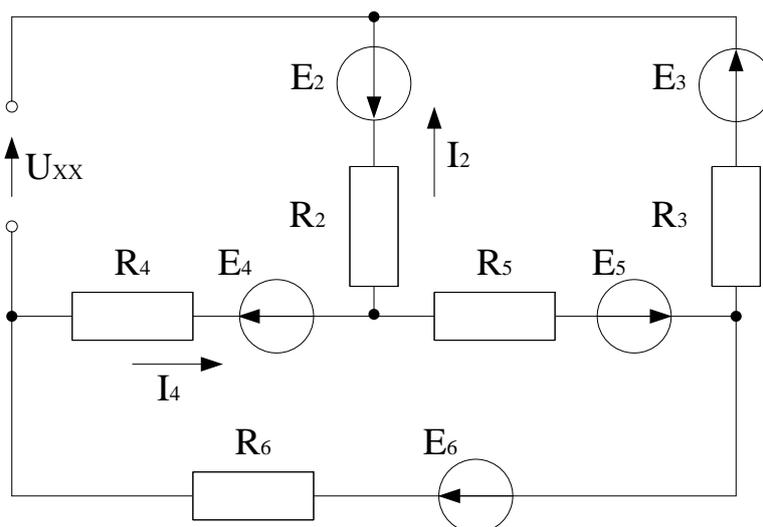


Рис. 8. Расчетная схема для метода эквивалентного генератора при нахождении тока в ветви I

7.2. Определяется напряжение на зажимах, от которых отключена ветвь (U_{XX}). Это напряжение равно ЭДС эквивалентного генератора.

Для рассматриваемой схемы (рис. 8) можно составить уравнение по второму закону Кирхгофа (при обходе контура по часовой стрелке):

$$U_{XX} - I_4 R_4 - I_2 R_2 = E_4 + E_2,$$

из уравнения следует

$$U_{XX} = I_4 R_4 + I_2 R_2 + E_4 + E_2.$$

Токи, входящие в это уравнение, находятся любимым из известных методов, с подробными объяснениями. Подставив значения токов в выражение для напряжения холостого хода, можно получить его величину.

7.3. Определяем входное сопротивление $R_{ВХ}$ со стороны клемм, удалив источники. Это сопротивление равно внутреннему сопротивлению эквивалентного генератора.

Из рассматриваемой цепи (рис. 8), после удаления всех источников напряжения останется схема, приведенная на рис. 9.

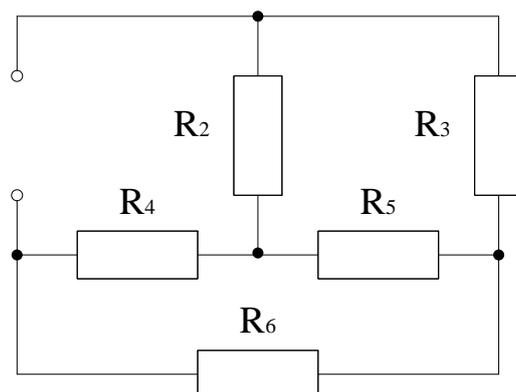


Рис. 9. Расчетная резистивная схема для метода эквивалентного генератора при нахождении тока в ветви I

Величина входного сопротивления находится после преобразования всех резисторов в один эквивалентный.

При замене последовательно соединенных элементов ветви общее сопротивление находится как их сумма:

$$R_{ПОСЛ} = \sum R_k.$$

При замене параллельно соединенных элементов ветви общая проводимость находится как сумма проводимостей всех параллельных элементов:

$$G_{ПАР} = \sum G_k,$$

следовательно

$$\frac{1}{R_{ПАР}} = \sum \frac{1}{G_k}.$$

В некоторых сложных электрических цепях при свертывании встречаются соединения пассивных элементов, которые нельзя отнести ни к последовательному, ни к параллельному – соединения звездой и треугольником. В этом случае целесообразно провести взаимное преобразование: звезды в треугольник или треугольника в звезду (рис. 10).

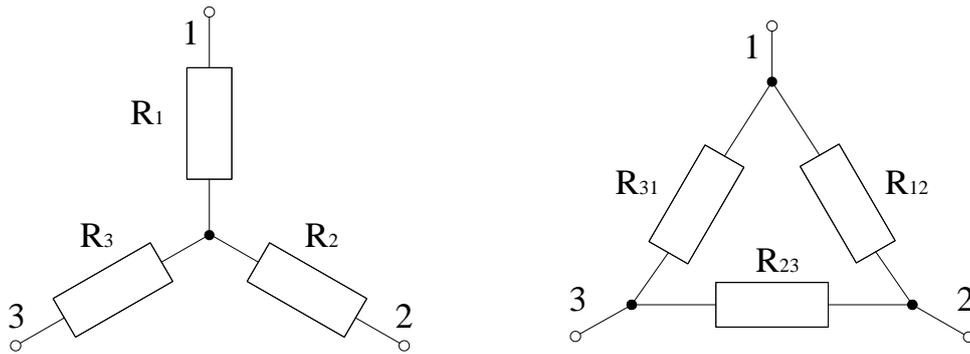


Рис. 10. Схема при преобразовании звезды в треугольник и треугольника в звезду

При эквивалентной замене ветвей, соединенных трехлучевой звездой, на треугольник, сопротивление ветвей треугольника определяются по формулам:

$$R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_3},$$

$$R_{23} = R_2 + R_3 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_1},$$

$$R_{31} = R_3 + R_1 + \frac{R_3 \cdot R_1}{R_2}.$$

При эквивалентной замене ветвей, соединенных треугольником, на трехлучевую звезду, сопротивление ветвей звезды определяются по формулам:

$$R_1 = \frac{R_{12} \cdot R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}},$$

$$R_2 = \frac{R_{23} \cdot R_{12}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}},$$

$$R_3 = \frac{R_{31} \cdot R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}.$$

После проведения всех преобразований определяется входное сопротивление.

7.4. Искомый ток I определяется по закону Ома:

$$I = \frac{\pm E_i + U_{XX}}{R_i + R_{BX}},$$

где E_i – ЭДС источника напряжения ветви, в которой определяется ток, взятое с учетом направления этого источника;

R_i – сопротивление этой ветви.

Подстановка в выражение для искомого тока напряжения холостого хода U_{XX} и входного сопротивления R_{BX} позволяет определить величину тока при различных значениях сопротивления R_i .

7.5. Подставляя различные значения сопротивления R_i (например, от 0 до 100 Ом) в рассматриваемую цепь можно построить график зависимости тока от сопротивления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. В 2 т. Том 1. Электрические цепи : учебник для вузов / Л. А. Бессонов. — 12-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 831 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10731-9. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/456410> (дата обращения: 27.08.2020).

2. Миленина, С. А. Электротехника : учебник и практикум для вузов / С. А. Миленина, Н. К. Миленин ; под редакцией Н. К. Миленина. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 263 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05077-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/453207> (дата обращения: 27.08.2020).

СОДЕРЖАНИЕ

Общие положения.....	3
Методические указания по оформлению.....	4
Критерии оценки курсовой работы.....	5
Задание на курсовую работу.....	6
Методические указания по выполнению курсовой работы.....	8
Список используемой литературы.....	18
Приложение. Пример оформления титульного листа курсовой работы.....	19

ПРИЛОЖЕНИЕ
Пример оформления титульного листа курсовой работы

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Тобольский индустриальный институт (филиал)

Кафедра электроэнергетики

Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Курсовая работа

по дисциплине «Теоретические основы электротехники»

Расчет электрической цепи различными методами.

$R1 = 35 \text{ Ом}; E1 = 46 \text{ В}; R4 = 93 \text{ Ом}; E4 = 85 \text{ В}$

Выполнил

И.И. Иванов

группа ЭСбз-19-1

Проверил

к.т.н., доцент

Е.Н. Леонов

Тобольск, 2020 г.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Методические указания по выполнению
курсовой работы по дисциплине
«Теоретические основы электротехники»
для обучающихся направления подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Составитель:
ЛЕОНОВ Евгений Николаевич

В авторской редакции

Подписано в печать . . . 2020. Формат 60x90 1/16. Печ. л. 1,25.
Тираж 30 экз. Заказ № .

Библиотечно-издательский комплекс
федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Тюменский индустриальный университет».
625000, Тюмень, ул. Володарского, 38.

Типография библиотечно-издательского комплекса.
625039, Тюмень, ул. Киевская, 52.