

Федеральное агентство связи

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики

Кафедра электродинамики и антенн

Печатается по решению методического
совета ПГУТИ от 12.01.2011

Электротехника и электроника

Индивидуальные задания для самостоятельной работы и рекомендации по
их выполнению для студентов заочной формы обучения специальностей
230400 «Информационные системы и технологии»,
230100 «Информатика и вычислительная техника»

Авторы-составители:

к.т.н., доцент Маслов М.Ю.
доцент, к.т.н. Ружников В.А.
ассистент Скачков Д.В.

Самара, 2011

УДК 621.38

**Маслов Михаил Юрьевич, Ружников Вадим Александрович,
Скачков Дмитрий Владимирович**

Контрольные задания и рекомендации по выполнению для студентов
заочной формы обучения по дисциплине «Электротехника и электроника».

Содержание

Введение	4
Общие рекомендации по выполнению	4
Список литературы	4
Задания к контрольной работе	5
Задание 1	5
Задание 2	6
Методические указания к выполнению заданий первого раздела	8
Задание 3	15
Задание 4	16
Методические указания к выполнению заданий второго раздела	17
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	18

ВВЕДЕНИЕ

Контрольные задания и рекомендации по выполнению по дисциплине «Электротехника и электроника» предназначены для студентов заочной формы обучения, обучающихся по специальностям 230105 «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем» и 220201 «Управление и информатика в технических системах».

ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ

Индивидуальное задание составлено для 100 вариантов. Вариант задания определяется двумя последними цифрами номера студенческого билета:

m – предпоследняя, **n** – последняя.

Перед выполнением студенту рекомендуется проработать перечень теоретических вопросов, приведенных для каждого задания.

В процессе выполнения может пользоваться не только рекомендованной, но и любой другой доступной ему учебной и технической литературой.

При выполнении контрольного задания необходимо придерживаться следующих правил:

1. Решение любой задачи начинается с поясняющего чертежа.
2. Все вновь вводимые значения должны поясняться.
3. При расчетах сначала выводится общая формула, затем подставляются числовые значения известных величин, приводятся результаты промежуточных вычислений и конечный результат, в промежуточных вычислениях размерности величин не указываются, а в конечном результате приведение размерности обязательно.
4. Все величины должны выражаться в стандартных единицах международной системы единиц СИ.
5. Все расчеты должны выполняться с точностью до второй значащей цифры после запятой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бессонов Л. А., Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: Учебник для вузов.- 10-е изд.- М.: Гардарики, 1999; 2000.- 638с.
2. Основы теории электрических цепей и электроники: учеб. для вузов/ В. П. Бакалов, А. Н. Игнатов, Б. И. Крук.- М.: Радио и связь, 1989.- 528 с.
3. Теоретические основы электротехники/ К. С. Демирчян, Л. Р., Нейман, Н. В. Коровкин, В.Л.Чечурин В 3 томах. - 4 изд., 2004.

СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

РАЗДЕЛ 1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА.

Задание 1

Рассчитать эквивалентное сопротивление цепи. Схему цепи и сопротивления резисторов выбрать в соответствии с вариантом.

Таблица 1.1

n=0,5	
n=1,6	
n=2,7	
n=3,8	
n=4,9	

Таблица 1.2

m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
R₁, Ом	5	5	5	10	15	10	5	10	20	5
R₂, Ом	10	15	10	20	5	10	15	15	5	10
R₃, Ом	15	5	5	25	10	5	10	10	15	20
R₄, Ом	5	20	10	15	5	10	20	20	10	15
R₅, Ом	5	5	5	10	15	10	5	10	20	5
R₆, Ом	10	5	10	5	10	20	20	5	10	15

Задание 2

Рассчитайте токи во всех ветвях цепи по методу контурных токов (МКТ) или методу узловых напряжений (МУН), метод выбирается на усмотрение студента. Произведите проверку баланса мощностей. Схему цепи и сопротивления резисторов выбрать в соответствии с вариантом.

Таблица 2.1

n=0,4,8	
	<p> $E_1 = 25 \text{ В}$ $E_2 = 10 \text{ В}$ $E_3 = 20 \text{ В}$ $J_1 = 1 \text{ А}$ $J_2 = 2 \text{ А}$ </p>
n=2,6	
	<p> $E_1 = 50 \text{ В}$ $E_2 = 10 \text{ В}$ $E_3 = 20 \text{ В}$ $J_1 = 2 \text{ А}$ $J_2 = 1 \text{ А}$ </p>

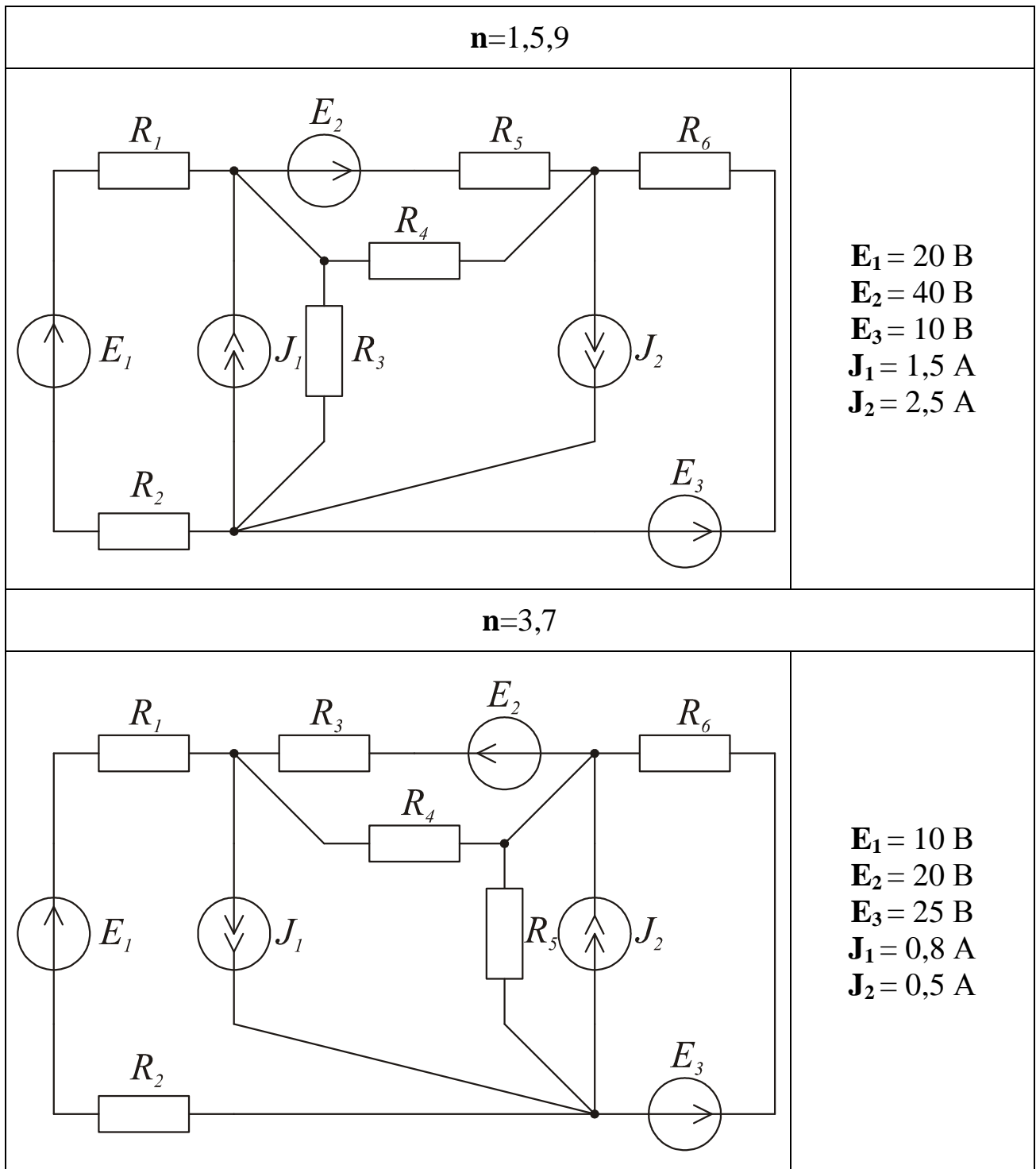


Таблица 2.2

m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
R₁, Ом	5	5	5	10	15	10	5	10	20	5
R₂, Ом	10	15	10	20	5	10	15	15	5	10
R₃, Ом	15	5	5	25	10	5	10	10	15	20
R₄, Ом	5	20	10	15	5	10	20	20	10	15
R₅, Ом	5	5	5	10	15	10	5	10	20	5
R₆, Ом	10	5	10	5	10	20	20	5	10	15

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЙ ПЕРВОГО РАЗДЕЛА

Основные топологические понятия:

- ветвь электрической цепи – любой неразветвленный участок цепи, содержащий не менее одного элемента и характеризующийся общим значением тока, для всех элементов;
- узел электрической цепи – точка соединения трех и более ветвей, также следует отметить, что две и более точек, соединенных между собой, имеют общий потенциал и считаются одним узлом;
- контур электрической цепи – любой замкнутый участок цепи.

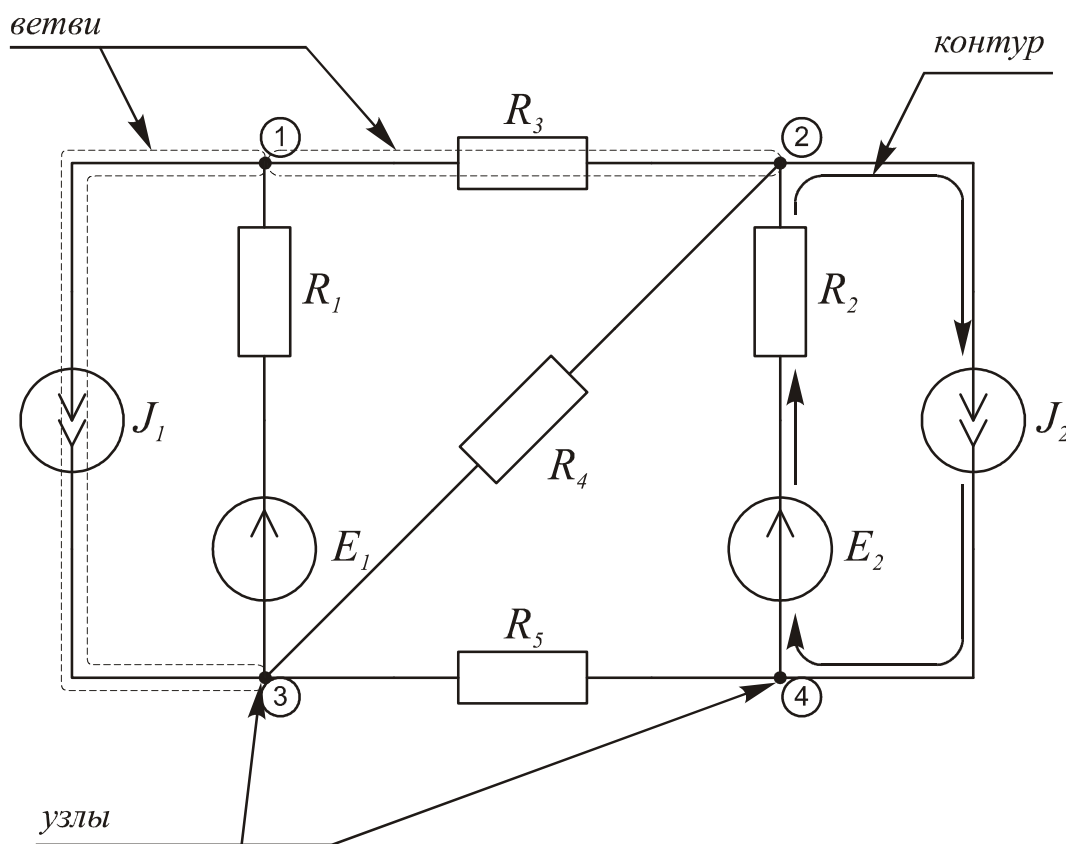


Рис. 1. Схема электрической цепи с основными топологическими единицами.

Первый закон Кирхгофа:

Алгебраическая сумма токов в любом узле любой цепи равна нулю (значения вытекающих токов берутся с обратным знаком):

$$\sum_{k=1}^n I_k = 0 \quad (1)$$

Иными словами, сколько тока втекает в узел, столько из него и вытекает. Данный закон следует из закона сохранения заряда.

Второй закон Кирхгофа:

Алгебраическая сумма падений напряжений по любому замкнутому контуру цепи равна алгебраической сумме ЭДС, действующих вдоль этого же контура. Если в контуре нет ЭДС, то суммарное падение напряжений равно нулю:

$$\sum_{k=1}^n E_k = \sum_{k=1}^m I_k R_k \quad (2)$$

Иными словами, при обходе цепи по контуру, потенциал, изменяясь, возвращается к исходному значению.

Метод контурных токов (МКТ):

Для построения системы уравнений необходимо выделить в цепи $N = N_b - N_u + 1$ независимых контуров. По каждому из этих контуров будет составлено одно уравнение по 2-му закону Кирхгофа. В каждом контуре необходимо выбрать направление обхода (например, по часовой стрелке). Токи во всех ветвях схемы необходимо представить как сумму (с учётом знаков) контурных токов, которые протекают по этим ветвям.

При наличии в цепи источников тока, необходимо выбирать контура так, чтобы каждый контур содержал не более одного источника тока, а через каждый источник тока проходил только один контур. Контурный ток через ветвь, содержащую источник тока считается известным и равным номиналу источника тока, тогда контурное уравнение для этого контура принимает вид:

$$I_{kk} = J_k; \quad (3)$$

Составив уравнения для всех независимых контуров, получаем совместную систему уравнений, решив которую, получим значения контурных токов:

$$\begin{cases} R_{11}I_{11} + R_{12}I_{22} + \dots + R_{1k}I_{kk} + \dots + \sum_1 J_n R_n = E_{11} \\ \dots \\ R_{k1}I_{11} + R_{k2}I_{22} + \dots + R_{kk}I_{kk} + \dots + \sum_n J_n R_n = E_{kk} \end{cases} \quad (4)$$

Зная значения контурных токов, протекающих в цепи, токи в ветвях можно найти как сумму (с учётом знаков) контурных токов, которые протекают по этой ветви.

Правило построения уравнения: обходя контур в соответствии с выбранным направлением, записываем в левую часть уравнений сумму (с учётом знаков) токов в ветвях, умноженных на сопротивление ветвей. В правой части уравнения записываем все источники ЭДС, имеющиеся в контуре (со знаком «плюс», если направление обхода контура совпадает с направлением ЭДС, и наоборот).

Пример расчета цепи по МКТ:

Рассчитаем схему, представленную на рисунке 2 по методу контурных токов. Проанализировав данную цепь, можно сказать, что она содержит 7 ветвей и 4 узла, также в цепи присутствует два источника тока.

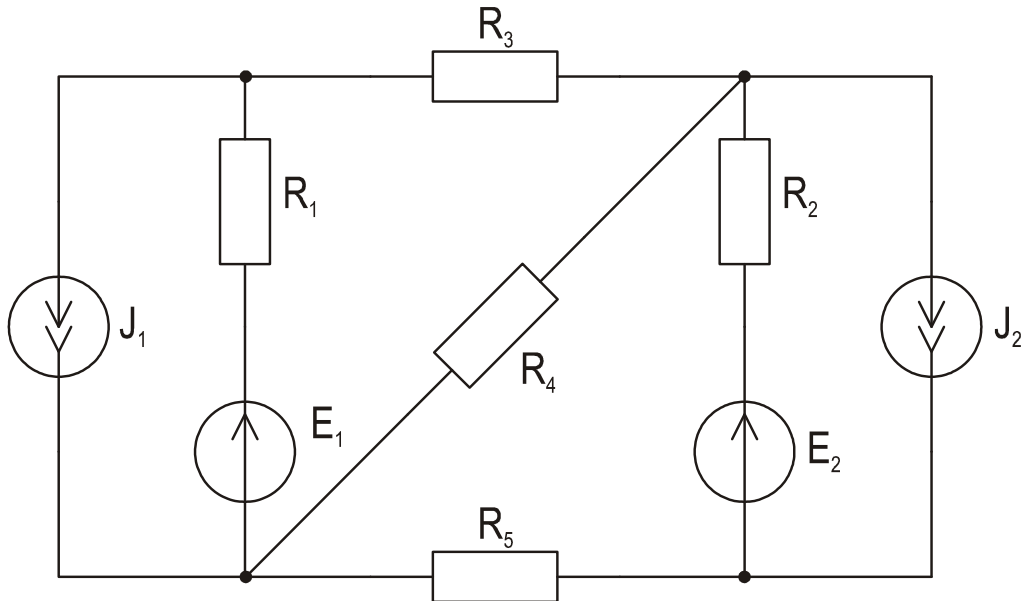


Рис. 2. Схема электрической цепи.

Рассчитаем количество независимых контуров: $N = 7 - 4 + 1 = 4$. Учитывая наличие двух источников тока (J_1 и J_2), количество уравнений, которые потребуется решить, сокращается на два.

Обозначим на схеме независимые контура (пунктирная линия) таким образом, чтобы два из них содержали источники тока, а два не содержали. Также обозначим ток, протекающий через каждую ветвь (сплошная линия). Направления токов выбираются произвольно.

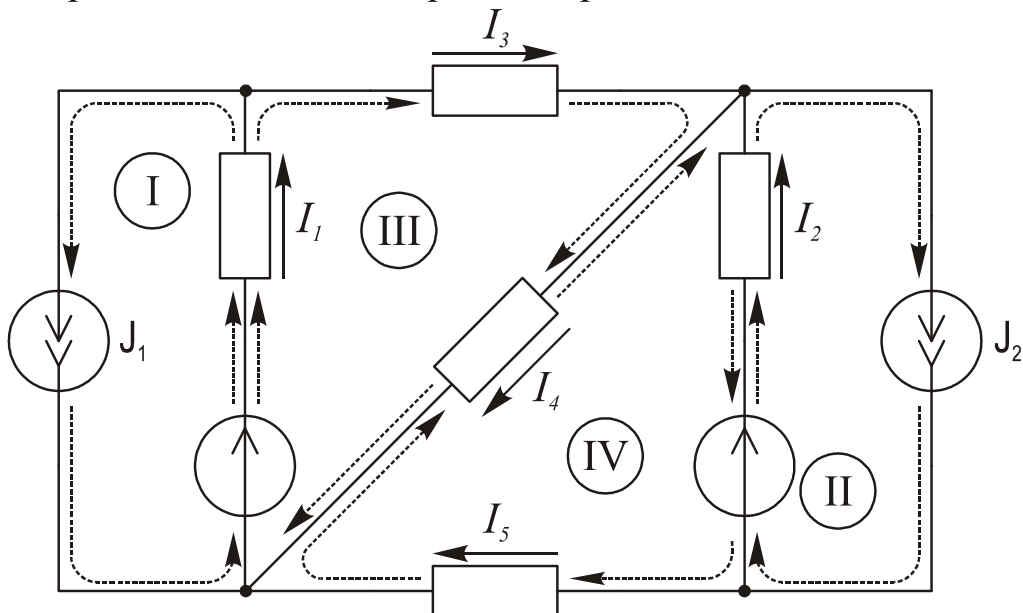


Рис. 3. Схема электрической цепи с обозначением независимых контуров.

Представим ток в каждой ветви, как алгебраическую сумму контурных токов, протекающих через эту ветвь:

$$I_1 = I_I + I_{III};$$

$$I_2 = I_{II} - I_{IV};$$

$$I_3 = I_{III};$$

$$I_4 = I_{III} - I_{IV};$$

$$I_5 = I_{IV};$$

Составим контурные уравнения для независимых контуров по второму закону Кирхгофа. Обратим внимание, что контура I и II содержат источники тока, поэтому контурные токи в них можно считать известными и равными номиналам источников тока.

$$\begin{cases} I_I = J_1; \\ I_{II} = J_2; \\ R_1 I_1 + R_3 I_3 + R_4 I_4 = E_1 \\ -R_2 I_2 + R_5 I_5 - R_4 I_4 = -E_2 \end{cases}$$

Подставим в уравнения для III и IV контуров выражения для токов ветвей, выраженных через контурные токи:

$$\begin{cases} I_I = J_1; \\ I_{II} = J_2; \\ R_1(I_I + I_{III}) + R_3 I_{III} + R_4(I_{III} - I_{IV}) = E_1 \\ -R_2(I_{II} - I_{IV}) + R_5 I_{IV} - R_4(I_{III} - I_{IV}) = -E_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_I = J_1; \\ I_{II} = J_2; \\ R_1 I_I + R_1 I_{III} + R_3 I_{III} + R_4 I_{III} - R_4 I_{IV} = E_1 \\ -R_2 I_{II} + R_2 I_{IV} + R_5 I_{IV} - R_4 I_{III} + R_4 I_{IV} = -E_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_I = J_1; \\ I_{II} = J_2; \\ I_{III}(R_1 + R_3 + R_4) - I_{IV} R_4 = E_1 - R_1 J_1 \\ I_{IV}(R_2 + R_4 + R_5) - I_{III} R_4 = -E_2 + R_2 J_2 \end{cases}$$

Подставив значения элементов в конечные уравнения, получим систему из двух уравнений относительно неизвестных I_{III} и I_{IV} , решив которую мы найдем неизвестные контурные токи.

Токи ветвей были выражены ими через контурные токи ранее, теперь получив значения контурных токов, мы можем найти токи во всех ветвях.

Метод узловых напряжений (МУН):

Перед началом расчёта выбирается один из узлов, потенциал которого считается равным нулю. Таким образом количество узлов, потенциалы которых остаются неизвестными $N = N_y - 1$. Эти узлы нумеруются, после чего для каждого узла составляется уравнение по 1-му закону Кирхгофа.

$$\begin{cases} \varphi_1 G_{11} - \varphi_2 G_{12} - \dots - \varphi_k G_{1k} = \sum_1 EG + \sum_1 J \\ \dots \\ -\varphi_1 G_{k1} - \varphi_2 G_{k2} - \dots + \varphi_k G_{kk} = \sum_k EG + \sum_k J \end{cases} \quad (5)$$

Правило построения уравнения таково. Слева от знака равенства записывается потенциал заданного узла, умноженный на сумму проводимостей ветвей, примыкающих к нему, минус потенциалы узлов, примыкающих к данному, умноженные на проводимости ветвей, соединяющих их с данным узлом. Справа от знака равенства записывается сумма всех источников токов, примыкающих к данному узлу, если источник направлен в сторону рассматриваемого узла, то он записывается со знаком "+", если же он направлен от узла, то "-". Если это источник ЭДС, то он записывается как ЭДС, умноженное на проводимость ветви, соединяющей его с данным узлом.

Пример расчета цепи по МУН:

Рассчитаем схему, представленную на рисунке 4 по методу контурных токов. Проанализировав данную цепь, можно сказать, что она содержит 6 ветвей и 3 узла, также в цепи присутствует один источник тока.

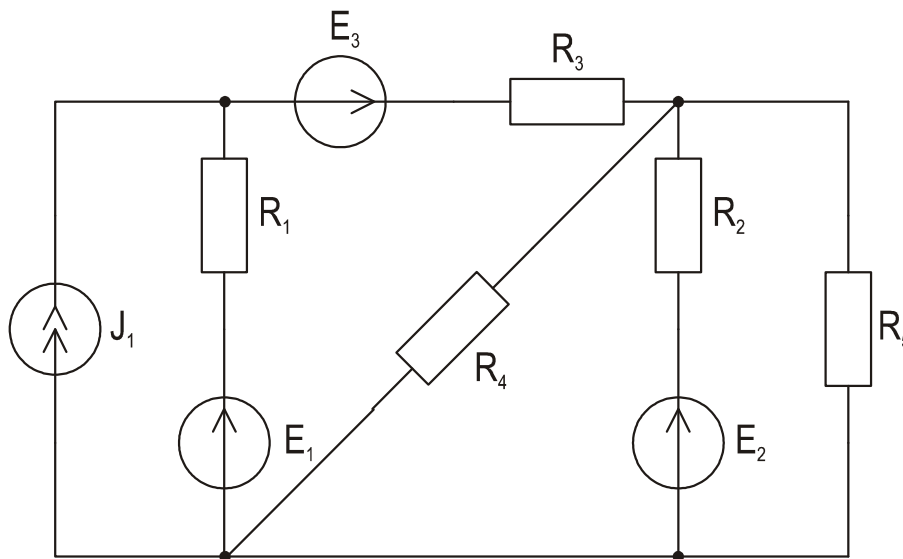


Рис. 4. Схема электрической цепи.

Рассчитаем количество уравнений, которые следует составить и решить по методу узловых напряжений: $N = 3 - 1 = 2$.

Обозначим на схеме узлы, пронумеровав их, и заземлим один из узлов, а также обозначим токи, текущие в ветвях (направление токов выбирается произвольно). Обратите внимание, что узел №3 включает в себя две точки, соединенные между собой участком цепи, не содержащим каких-либо элементов. Удобнее всего заземлять узел, с которым соединено наибольшее количество ветвей, в нашем случае это узел №3.

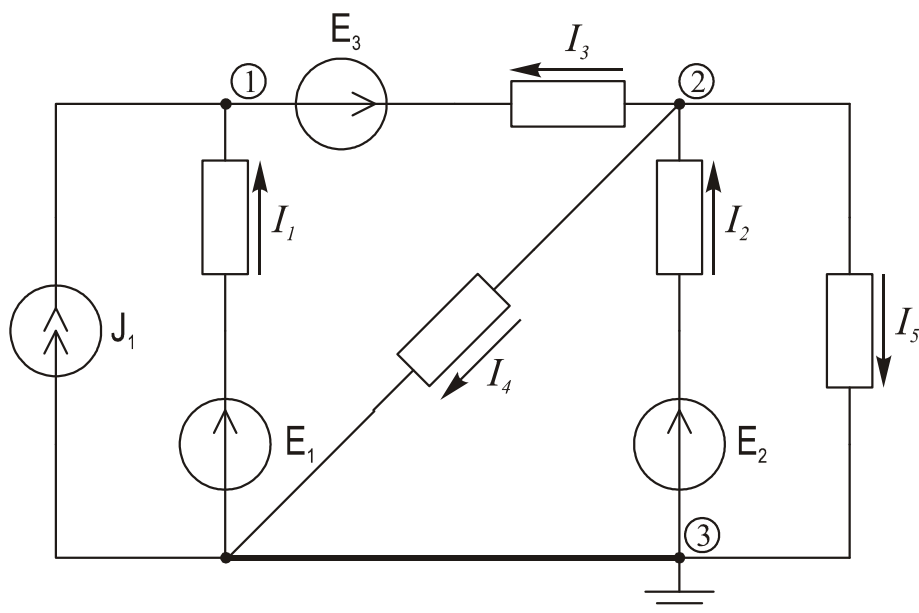


Рис. 5. Схема электрической цепи с обозначением узлов и токов.

Потенциал заземленного узла (узел №3) условно считаем равным нулю. Составим систему уравнений для нахождения потенциалов незаземленных узлов (узел №1 и узел №2) относительно заземленного узла (узел №3).

$$\begin{cases} \varphi_1 \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} \right) - \varphi_2 \left(\frac{1}{R_3} \right) = J_1 + \frac{E_1}{R_1} - \frac{E_3}{R_3} \\ \varphi_2 \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} \right) - \varphi_1 \left(\frac{1}{R_3} \right) = \frac{E_2}{R_2} + \frac{E_3}{R_3} \end{cases}$$

Подставив в уравнения известные нам значения сопротивлений, а также номиналы источников тока и Э.Д.С. решим эти уравнения и найдем неизвестные потенциалы узлов φ_1 и φ_2 .

Теперь, воспользовавшись законом Ома, мы можем найти токи, текущие в каждой ветви искомой цепи. Для этого представим напряжение, приложенное к ветви, как разность потенциалов, между узлами, которые соединены этой ветвью. Если в ветви присутствует источник Э.Д.С., то его значение нужно алгебраически сложить с разностью потенциалов:

$$I_1 = \frac{\varphi_3 - \varphi_1 + E_1}{R_1};$$

$$I_2 = \frac{\varphi_3 - \varphi_2 + E_2}{R_2};$$

$$I_3 = \frac{\varphi_2 - \varphi_1 - E_3}{R_3};$$

$$I_4 = \frac{\varphi_2 - \varphi_3}{R_4};$$

$$I_5 = \frac{\varphi_2 - \varphi_3}{R_5};$$

Проверка баланса мощностей:

Рассчитав токи в ветвях цепи, каким либо из методов, зачастую требуется провести проверку правильности решения. Один из основных методов проверки - проверка баланса мощностей. Суть его заключается в том, что мощность, поглощаемая потребителями электрической энергии должна равняться мощности, выделяемой источниками питания:

$$\sum P_R = \sum P_E + \sum P_J \quad (6)$$

Рассматривая цепи постоянного тока, мощность поглощаемая потребителями может быть записана как:

$$\sum P_R = \sum_n I_n^2 R_n \quad (7)$$

где I_n – ток, протекающий через резистор,
 R_n – сопротивление резистора.

А мощность, выделяемая источниками питания:

$$\sum P_E = \sum_n E_n I_n \quad (8)$$

$$\sum P_J = \sum_n J_n U_n \quad (9)$$

где I_n – ток, протекающий через источник Э.Д.С.,
 E_n – напряжения на зажимах источника Э.Д.С.,
 J_n – ток, вырабатываемый источником тока.,
 U_n – напряжения на зажимах источника тока,

Тогда уравнения баланса мощностей для цепи постоянного тока принимает следующий вид:

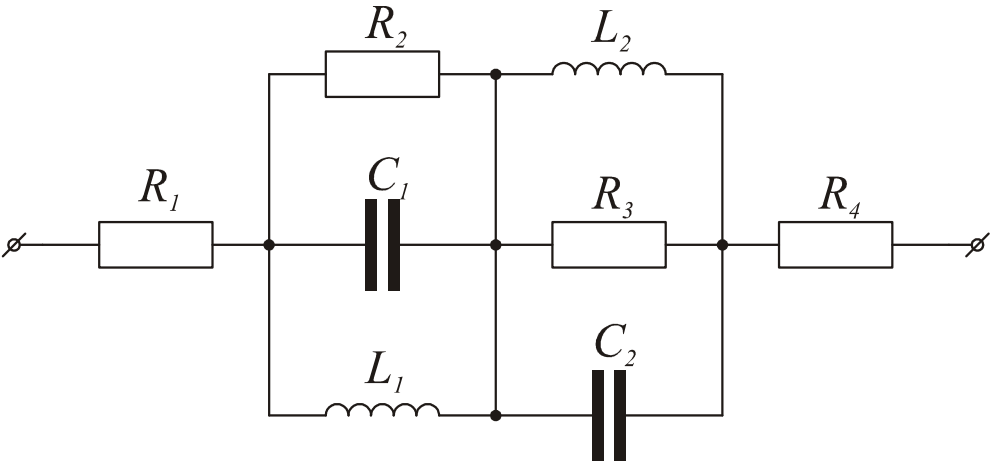
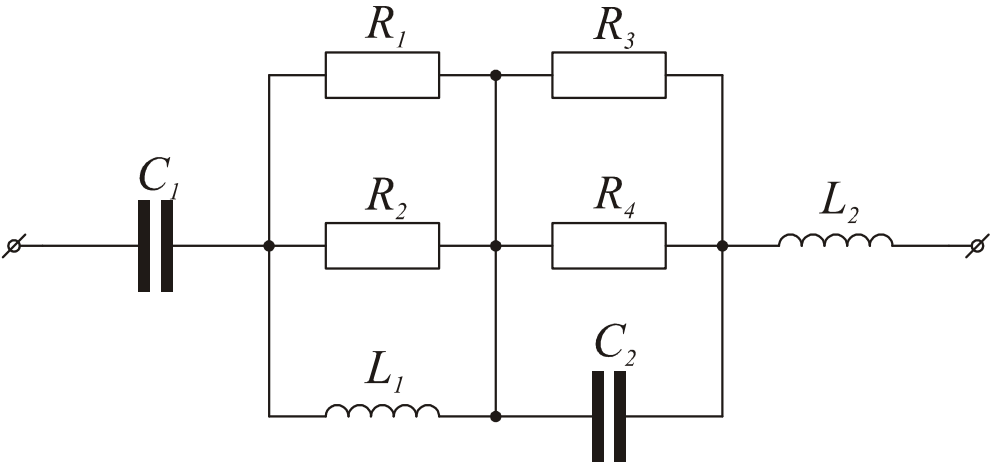
$$\sum_n I_n^2 R_n = \sum_n E_n I_n + \sum_n J_n U_n \quad (10)$$

РАЗДЕЛ 2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Задание 3

Рассчитать полное сопротивление цепи при гармоническом воздействии с частотой $f = 159,16$ Гц. Найти ток, протекающий через цепь, если на вход подано напряжение, изменяющееся по гармоническому закону с частотой $f=159,16$ Гц, действующее значение напряжения 10 В. Построить векторную диаграмму тока и напряжения. Схему цепи и номиналы элементов выбрать в соответствии с вариантом.

Таблица 3.1

$n=0,4,8$

$n=2,6$


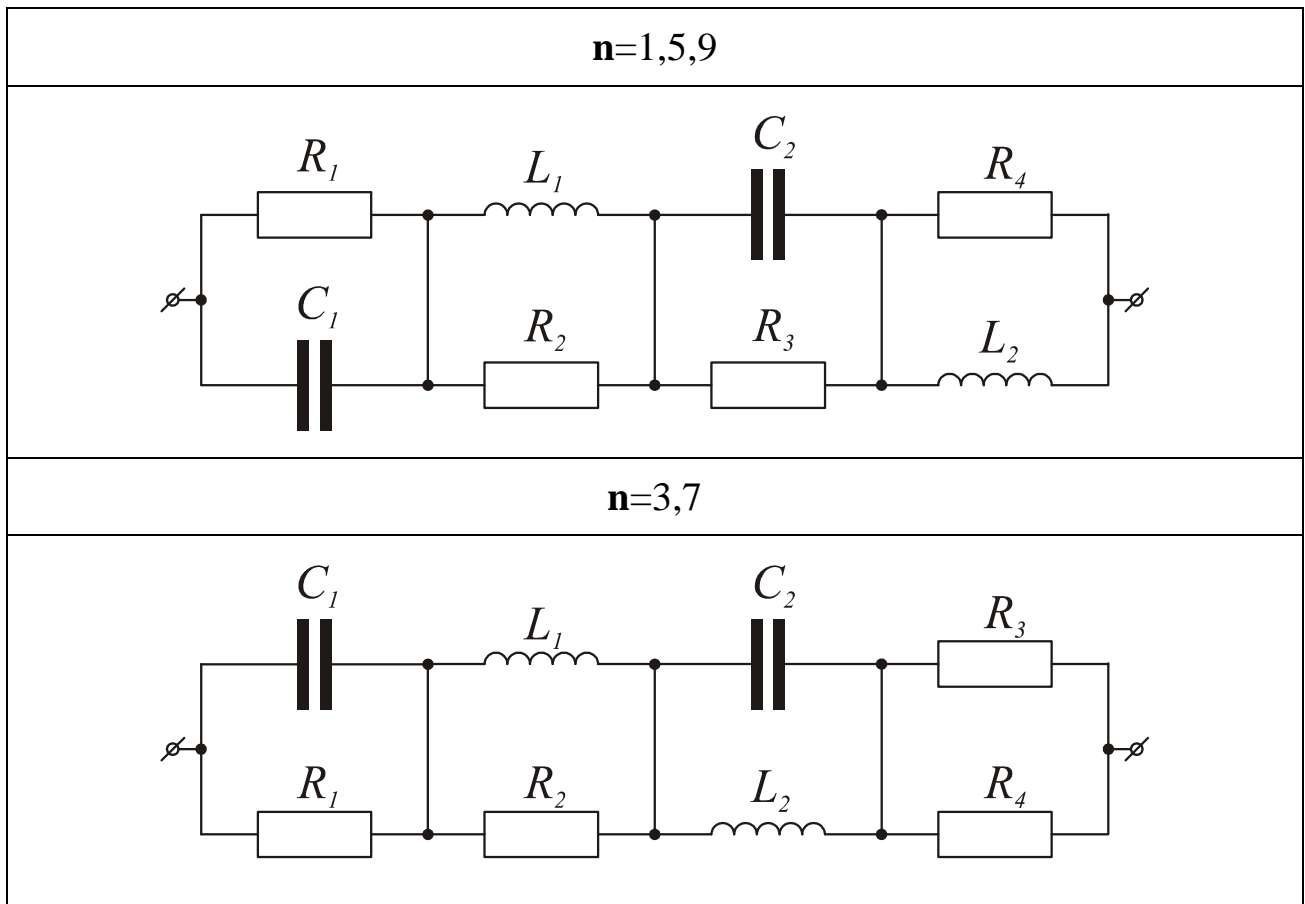


Таблица 3.2

m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
R₁, Ом	5	5	5	10	15	10	5	10	20	5
R₂, Ом	10	15	10	20	5	10	15	15	5	10
R₃, Ом	15	5	5	25	10	5	10	10	15	20
R₄, Ом	5	20	10	15	5	10	20	20	10	15
L₁, мГн	5	5	5	10	15	10	5	10	20	5
L₂, мГн	10	5	10	5	10	20	20	5	10	15
C₁, мкФ	5	5	5	10	15	10	5	10	20	5
C₂, мкФ	10	5	10	5	10	20	20	5	10	15

Задание 4

Найти полную, активную и реактивную мощности, потребляемые нагрузкой, рассчитанной в задании 3, если на вход подано напряжение, изменяющееся по гармоническому закону с частотой $f=159,16$ Гц, действующее значение напряжения 10 В.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЙ ВТОРОГО РАЗДЕЛА

Реактивное сопротивление — электрическое сопротивление, обусловленное передачей энергии переменным током электрическому или магнитному полю (и обратно).

Реактивное сопротивление определяет мнимую часть импеданса:

$$\dot{Z} = R + iX \quad (11)$$

где R — величина активного сопротивления, X — величина реактивного сопротивления, i — мнимая единица.

В зависимости от величины X какого-либо элемента электрической цепи, говорят о трёх случаях:

$X > 0$ — элемент проявляет свойства индуктивности.

$X = 0$ — элемент имеет чисто активное сопротивление.

$X < 0$ — элемент проявляет ёмкостные свойства.

Индуктивное сопротивление (X_L) Величина индуктивного сопротивления зависит от индуктивности элемента и частоты протекающего тока:

$$X_L = \omega L = 2\pi fL \quad (12)$$

$$\dot{Z}_L = i\omega L = i2\pi fL \quad (13)$$

Ёмкостное сопротивление (X_C). Величина ёмкостного сопротивления зависит от ёмкости элемента C и также частоты протекающего тока:

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC} \quad (14)$$

$$\dot{Z}_C = -i\frac{1}{\omega C} = -i\frac{1}{2\pi fC} \quad (15)$$

При последовательном соединении элементов их сопротивления складываются

$$\dot{Z}_{общ} = \dot{Z}_1 + \dot{Z}_2 + \dots + \dot{Z}_n \quad (16)$$

При параллельном соединении элементов складываются величины, обратно пропорциональные сопротивлению (то есть общая проводимость складывается из проводимостей каждого элемента)

$$\frac{1}{\dot{Z}_{общ}} = \frac{1}{\dot{Z}_1} + \frac{1}{\dot{Z}_2} + \dots + \frac{1}{\dot{Z}_n} \quad (17)$$

Если цепь можно разбить на вложенные подблоки, последовательно или параллельно включённые между собой, то сначала считают сопротивление каждого подблока, потом заменяют каждый подблок его эквивалентным сопротивлением, таким образом находя общее(искомое) сопротивление.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

Пример оформления титульного листа индивидуального задания

Федеральное агентство связи

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики

Факультет Заочное отделение

Кафедра электродинамики и антенн

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА»

Вариант № 01

Руководитель доцент, к.т.н. И.В. Грозный

Выполнил ПО-81 О.Е. Разгильдяев
Группа Подпись Дата Инициалы Фамилия

Сдана на проверку _____

Оценка _____

Самара 2011