

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Физико-технический институт

Кафедра радиоэлектроники и телекоммуникационных систем

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ЦЕПЕЙ

Методические указания и задания на курсовую работу

для студентов, обучающихся по

направлению подготовки: 210400 Радиотехнические средства
передачи и приема информации
профиль подготовки: 210402 Радиотехника
квалификация (степень) бакалавр

Иркутск

2015 г.

“Основы теории цепей” программа, задание на курсовую работу и методические указания по выполнению расчетов для студентов специальности “Радиотехника”. Составила ст. преподаватель И.Г.Насникова.

Представлены методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Основы теории цепей» и задания на курсовую работу **"Исследование сигналов, проходящих через линейную электрическую цепь"**. На конкретных примерах рассмотрена методика расчета цепей постоянного и синусоидального тока в установившемся режиме и методика расчета переходных процессов в цепях постоянного тока.

1. Цель и задачи изучения дисциплины «Основы теории цепей».

Целью дисциплины "Основы теории цепей" является изучение законов электромагнетизма, единых для исследования как электротехнических, так и радиоэлектронных устройств, а также методов анализа и синтеза различных электротехнических и радиотехнических цепей, основанных на замене реальных технических устройств упрощенными моделями, процессы в которых описываются скалярными величинами – током и напряжением.

В процессе изучения дисциплины перед студентом ставятся следующие задачи: а) Физическая трактовка процессов, протекающих в электрических и радиотехнических цепях. б) Освоение инженерных методик анализа и синтеза цепей, позволяющих проводить исследование электротехнических и радиоэлектронных устройств.

Данная дисциплина образует фундамент, на котором базируется вся профессиональная творческая деятельность радиоинженера, и для ее изучения требуются знания законов физики, математики, дифференциального и интегрального исчисления.

В результате изучения дисциплины студент должен

знать:

- историю развития науки и техники в области электротехники и радиоэлектроники; основные законы электромагнетизма; методы расчета установившихся и переходных процессов в цепях постоянного и переменного тока с сосредоточенными и распределенными параметрами; условия возникновения резонансного режима работы цепи при различных включениях L, C – элементов; теоретические основы синтеза различных типов электрических фильтров; специфику расчета нелинейных цепей.

уметь:

- собрать по предложенной схеме из предоставленных комплектующих элементов электрическую или радиотехническую цепь и провести экспериментальные исследования, либо провести математическое моделирование заданной электрической цепи на персональной ЭВМ IBM PC; применять практически изученные методики расчета цепей для анализа или синтеза электротехнического или радиоэлектронного устройства любой сложности; математически описать в виде алгебраических или интегро-дифференциальных уравнений схему любой электротехнической или радиотехнической цепи.

Знание теории цепей и умение их использовать на практике совершенно необходимо для успешного усвоения студентами всех последующих общеинженерных и специальных дисциплин учебного плана специальности "Радиотехника".

2. Задания на курсовую работу

Целью курсовой работы является получение практических навыков анализа электрических цепей. При выполнении работы предусматривается изучение следующих тем: расчет электрических цепей при постоянном воздействии, расчет электрических цепей при гармоническом воздействии; расчет переходных процессов при подключении цепи к источнику постоянного напряжения.

Вариант задания определяется в соответствии со списочным составом группы.

Оформление курсовой работы должно соответствовать стандарту ИРНИТУ СТО 005–2015 СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА Учебно-методическая деятельность. Оформление курсовых проектов (работ) и выпускных квалификационных работ технических специальностей.

1. Расчет электрической цепи при постоянном воздействии

При выполнении этой части работы студент должен освоить основные методы расчета сложных электрических цепей постоянного тока: метод непосредственного применения законов Кирхгофа, метод контурных токов, метод узловых потенциалов, метод эквивалентного генератора.

Задана электрическая схема рис. 1. Исходные данные для схемы приведены в таблице 1.

Требуется:

1. Составить систему уравнений для расчета токов в ветвях на основании законов Кирхгофа.
2. Определить токи во всех ветвях схемы с помощью метода контурных токов.
3. Определить токи во всех ветвях схемы с помощью метода узловых потенциалов.
4. Составить баланс мощностей, вычислив суммарную мощность источников и суммарную мощность нагрузок (сопротивлений).
5. Определить ток в первой ветви, используя метод эквивалентного генератора.
6. Построить потенциальную диаграмму для любого замкнутого контура, включающего в себя несколько ЭДС.

Порядок расчета:

1. Метод непосредственного применения законов Кирхгофа.
 - определяем число уравнений составляемых по первому закону Кирхгофа по формуле $n-1$ и по второму закону Кирхгофа по формуле $m-(n-1)$, здесь и далее n – число узлов, m – число ветвей;
 - выбираем направление токов в ветвях схемы (произвольно) и составляем систему уравнений по первому и второму законам Кирхгофа.
2. Метод контурных токов.

- определяем число уравнений составляемых по второму закон Кирхгофа по формуле $m-(n-1)$;
- выбираем в схеме направление контурных токов (произвольно) и записываем систему из уравнений, составленных по второму закону Кирхгофа относительно контурных токов.
- решаем полученную систему уравнений относительно контурных токов;
- определяем токи в ветвях, выражая их через найденные контурные токи;
- правильность расчёта проверяем по балансу мощностей.

3. Метод узловых потенциалов.

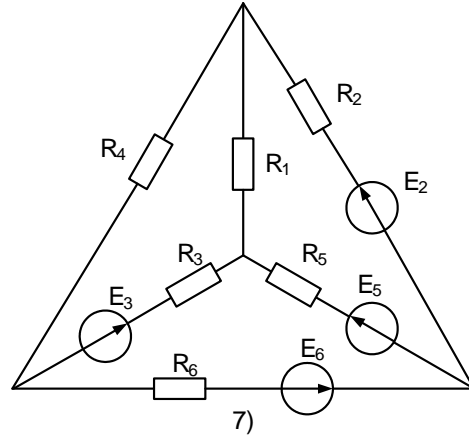
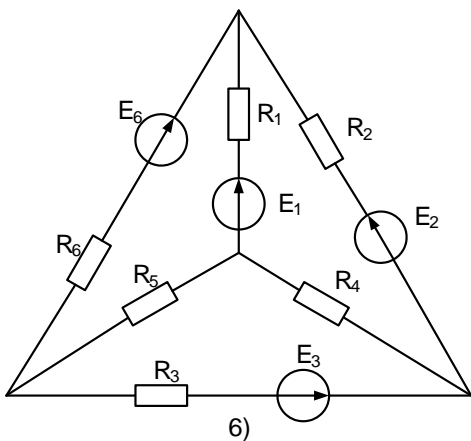
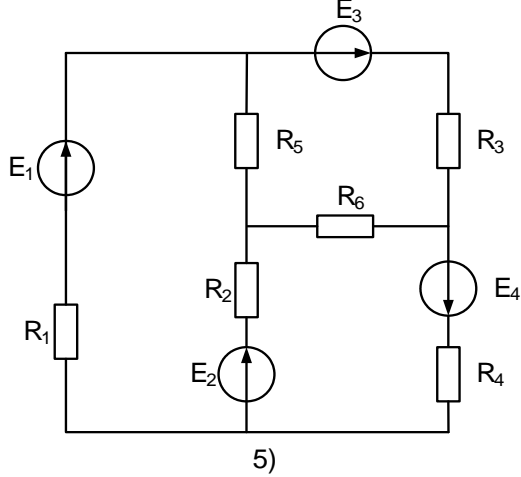
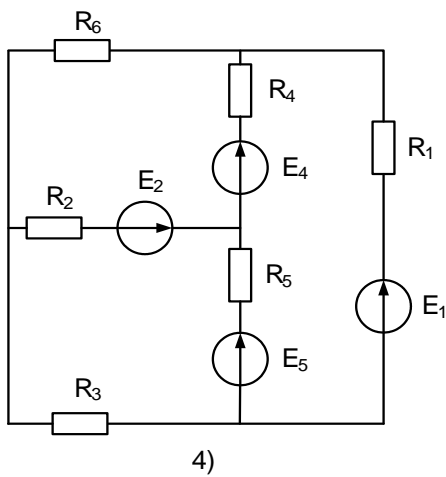
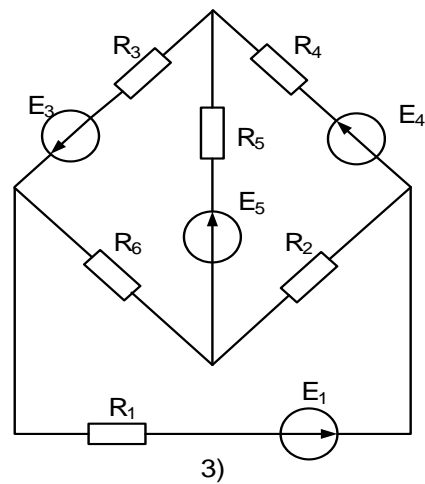
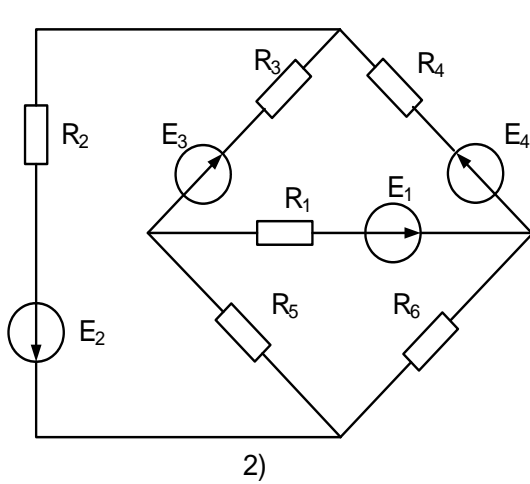
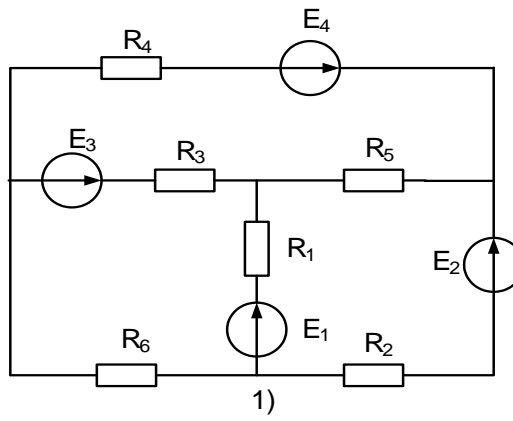
- на схеме делаем нумерацию узлов (произвольно), заземляем последний узел, потенциал которого принимаем равным нулю;
- определяем число уравнений, составляемых относительно потенциалов узлов по формуле $n-1$;
- составляем систему уравнений относительно $n-1$ неизвестных потенциалов узлов;
- решаем полученную систему уравнений относительно потенциалов;
- используя обобщённый закон Ома находим токи в ветвях схемы;
- правильность расчёта проверяем по балансу мощностей.

4. Метод эквивалентного генератора.

- удаляем резистор первой ветви, а всю оставшуюся схему относительно разомкнутых зажимов принимаем за эквивалентный генератор;
- определяем входное сопротивление оставшейся схемы относительно разомкнутых зажимов, которое принимаем за сопротивление эквивалентного генератора;
- находим напряжение на разомкнутых зажимах оставшейся схемы, которое равно ЭДС эквивалентного генератора;
- рисуем схему эквивалентного генератора и подключаем к ней удалённый резистор;
- по закону Ома находим ток первой ветви.

7. Потенциальная диаграмма.

- на схеме выбираем контур, после каждого элемента контура обозначаем точки (если они не обозначены);
- заземляем любую точку контура, потенциал которой принимаем равным нулю, определяем потенциалы остальных точек контура относительно заземлённой по мере его обхода;
- для построения диаграммы на плоскости рисуем оси координат, где по оси ординат откладываем значения потенциалов точек, а по оси абсцисс сопротивления контура по мере его обхода, затем соединяем обозначенные точки потенциалов прямыми линиями.



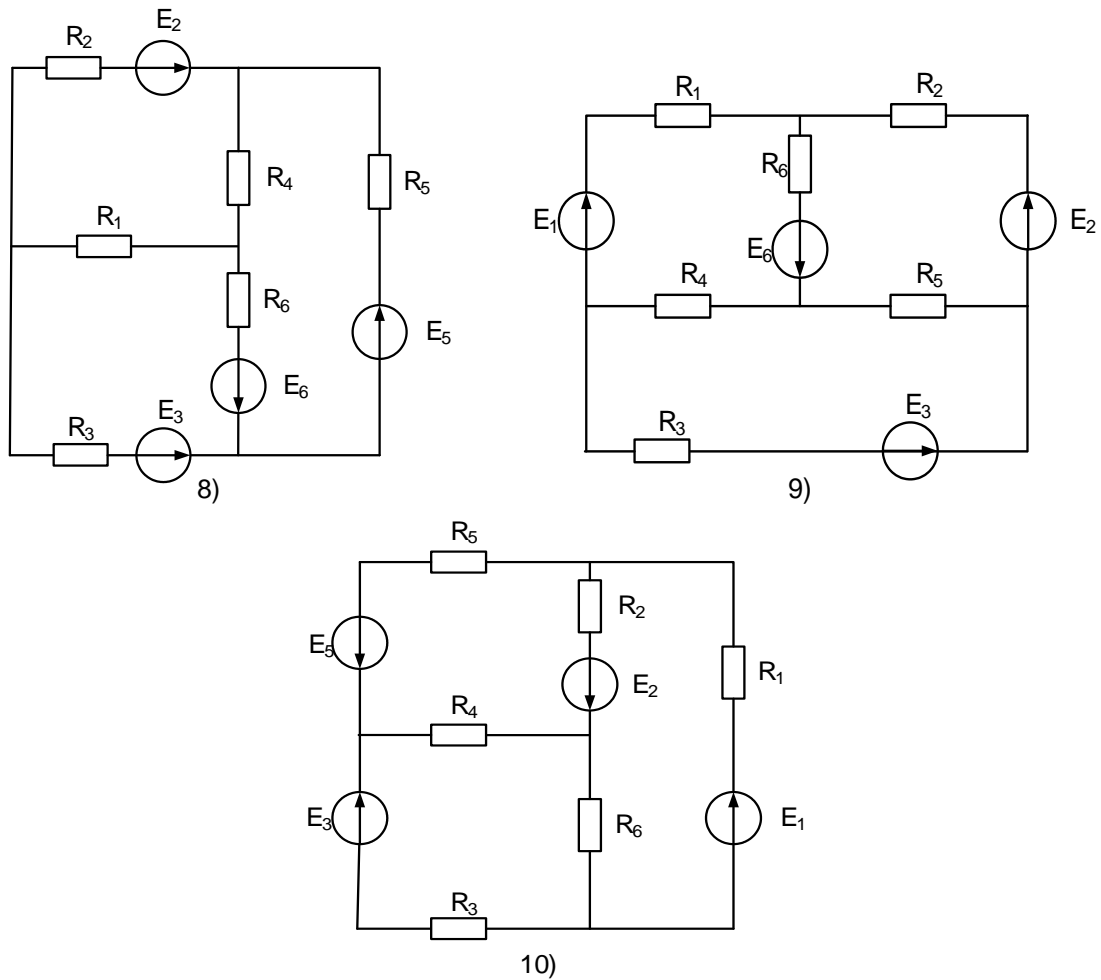


Рис. 1. Десять схем соответствуют номеру варианта схемы в таблице 1.

Таблица 1

№ варианта	№ варианта схемы на рис.1	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6
		В	В	В	В	В	В	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом
1	1	100	140	150	90	—	—	8	18	16	24	10	22
2	2	120	160	80	120	—	—	12	26	20	10	24	18
3	3	140	—	100	100	160	—	16	8	24	20	10	18
4	4	160	130	—	130	100	—	20	12	8	22	16	26
5	5	180	100	140	80	—	—	24	16	12	18	20	14
6	6	150	120	90	—	—	160	10	20	18	8	24	20
7	7	—	100	140	—	160	130	14	24	26	12	18	20
8	8	—	160	90	—	140	80	18	14	20	16	8	10
9	9	140	80	180	—	—	130	26	18	10	20	12	8

Продолжение таблицы 1

№ варианта	№ варианта схемы на рис. 1	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆
		В	В	В	В	В	В	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом
10	10	90	120	130	—	140	—	22	20	18	24	10	12
11	1	180	130	160	80	—	—	8	18	16	24	24	20
12	2	100	100	100	150	—	—	12	26	20	10	18	20
13	3	120	—	120	80	130	—	16	8	24	20	8	10
14	4	140	180	—	100	100	—	20	12	8	22	12	8
15	5	160	130	90	120	—	—	24	16	12	18	10	12
16	6	180	100	120	—	—	140	10	20	8	18	16	24
17	7	—	120	100	—	130	160	14	24	12	26	20	10
18	8	—	100	130	—	100	180	18	14	16	8	24	20
19	9	140	160	80	—	—	150	26	18	20	12	8	22
20	10	160	80	140	—	100	—	22	20	24	16	12	18
21	1	160	90	180	120	—	—	8	18	16	24	18	8
22	2	150	130	180	150	—	—	12	26	20	10	26	12
23	3	100	—	150	80	130	—	16	8	24	20	20	16
24	4	120	130	—	100	100	—	20	12	8	22	10	20
25	5	140	100	120	90	—	—	24	16	12	18	18	24
26	6	160	120	90	—	—	140	10	20	16	24	10	22
27	7	—	100	120	—	130	160	14	24	20	10	24	18
28	8	—	120	100	—	100	180	18	14	24	20	10	18
29	9	90	100	130	—	—	150	26	18	8	22	16	26
30	10	120	160	80	—	140	—	22	20	12	18	20	14

2. Расчет электрической цепи при гармоническом воздействии.

При выполнении этой части работы студент должен освоить символический метод расчета электрических цепей при гармоническом внешнем воздействии, получить навыки перехода от одной формы записи комплексного числа к другой, понять физическую сущность каждой из этих форм применительно к параметрам и характеристикам электрической цепи.

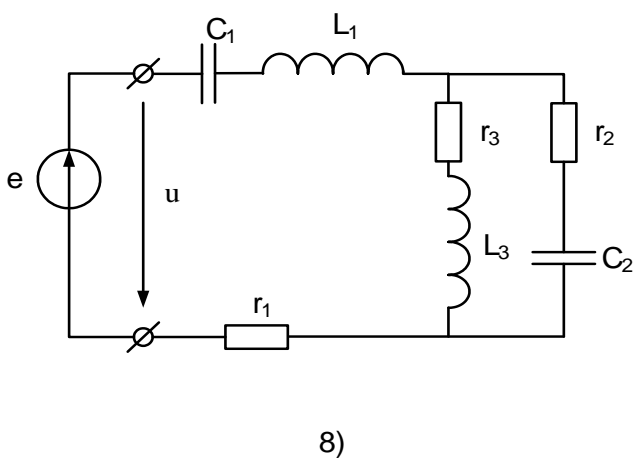
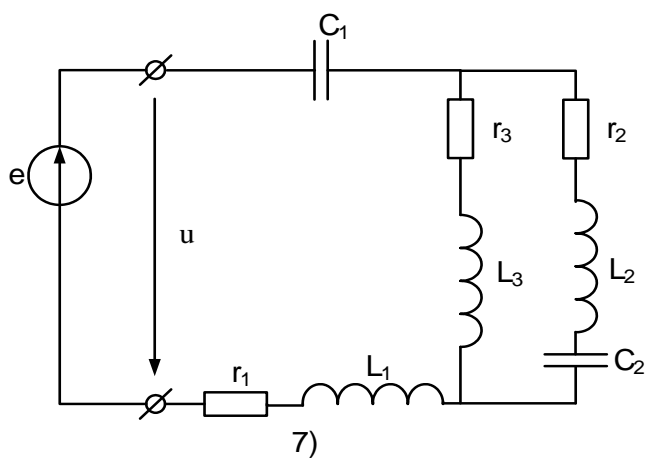
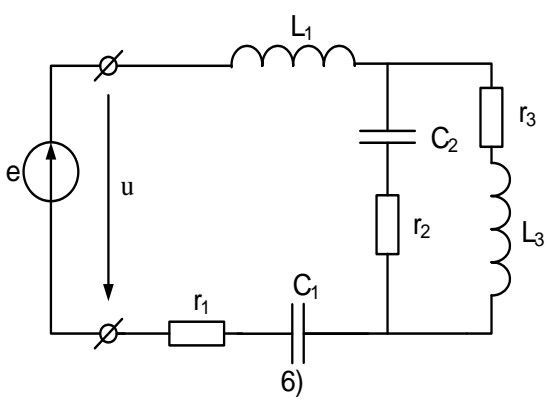
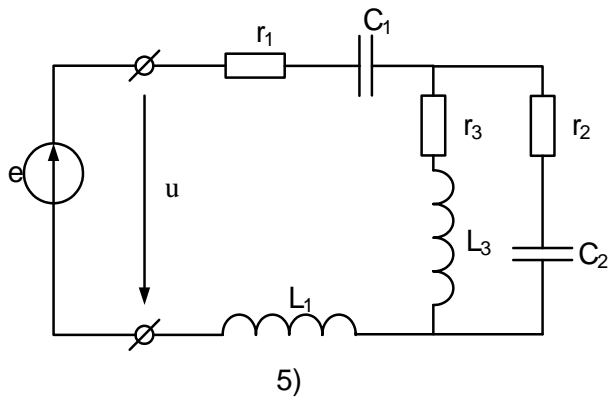
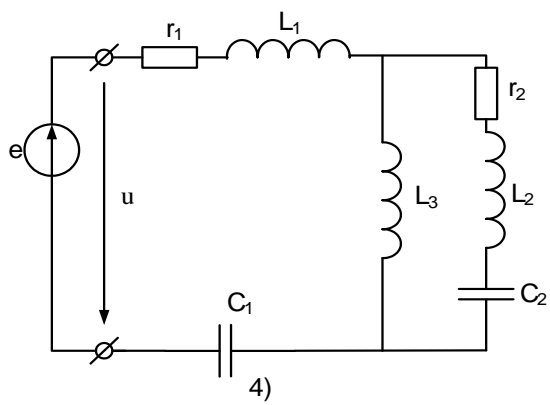
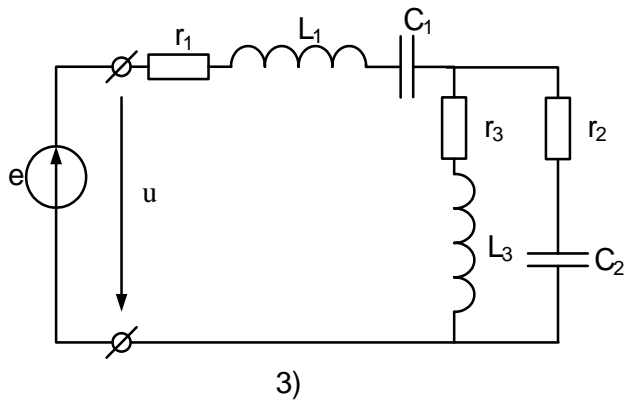
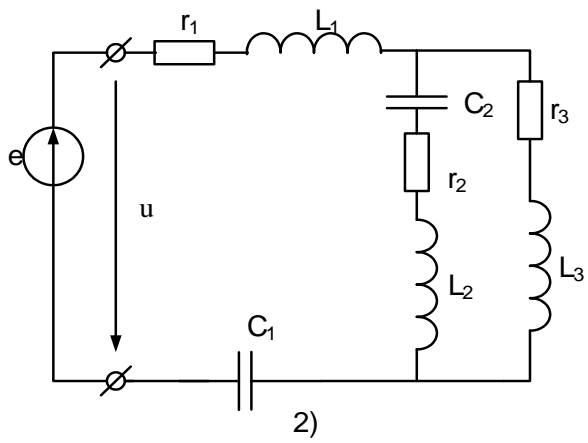
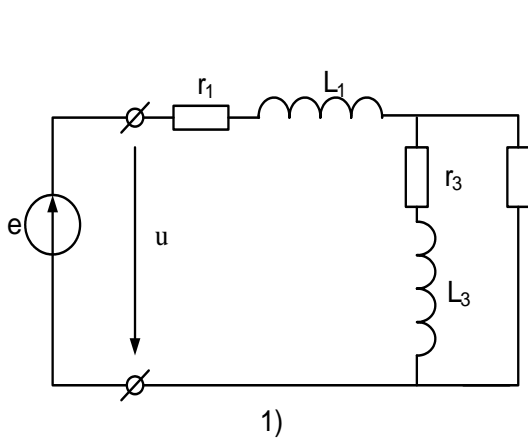
Задана электрическая схема рис. 2. Исходные данные для схемы приведены в таблице 2. Входное напряжение $u(t)$ равно ЭДС $e(t)$ изменяется по синусоидальному закону $u = U_m \sin(\omega t + \varphi)$.

Требуется:

1. С помощью символического метода расчёта найти комплексы действующих значений токов в ветвях схемы.
2. Построить топографическую диаграмму, совмещённую с векторной диаграммой токов.
3. Написать закон изменения мгновенного значения тока первой ветви.

Порядок расчёта

1. Символический метод расчёта.
 - нарисовать символическую схему замещения исходной схемы, определить для неё комплекс действующего значения входного напряжения и полные комплексные сопротивления элементов схемы;
 - используя любой из методов расчёта линейных электрических цепей, найти требуемые значения комплексов действующих значений токов;
 - правильность расчёта проверить по балансу полных комплексных мощностей.
2. Топографическая диаграмма.
 - после каждого элемента символической схемы замещения расставить точки и обозначить их;
 - на схеме замещения заземлить любую точку, принять её комплексный потенциал за нулевой, определить комплексные потенциалы остальных точек схемы относительно заземлённой;
 - нарисовать комплексную плоскость, масштаб по осям координат выбрать одинаковым, нанести комплексные потенциалы на плоскость;
 - соединить точки прямыми линиями между собой, придать отрезкам направления таким образом, чтобы полученные векторы падения напряжения соответствовали падениям напряжения на элементах схемы замещения; при этом надо учесть, что каждый вектор падения напряжения на схеме между двумя точками имеет прямо противоположное направление на топографической диаграмме между этими же точками.
3. Баланс полных комплексных мощностей.
 - определить полную комплексную мощность источника, записать её в алгебраической форме записи: $S_{\text{И}} = P_{\text{И}} + j Q_{\text{И}}$;
 - найти полную комплексную мощность нагрузок, записать её в алгебраической форме записи: $S_{\text{Н}} = P_{\text{Н}} + j Q_{\text{Н}}$;
 - найти относительные ошибки для активной и реактивной мощностям, ошибки не должны превышать пяти процентов.



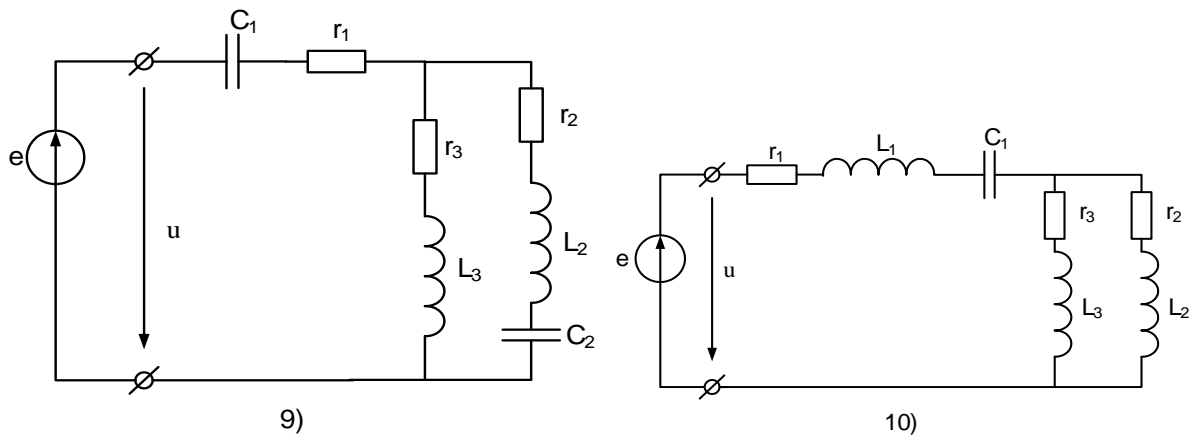


Рис.2. Десять схем соответствуют номеру варианта схемы в таблице 2.

Таблица 2

№ варианта	№ варианта схемы на рис.2	r_1	r_2	r_3	L_1	L_2	L_3	C_1	C_2	f	U_m	φ
-	-	Ом	Ом	Ом	Гн	Гн	Гн	мкФ	мкФ	Гц	В	Град.
1	1	40	35	20	0,15	0,1	0,08	30	100	50	380	30
2	2	30	25	25	0,07	0,15	0,1	40	80	50	220	40
3	3	45	35	32	0,14	0,2	0,06	20	60	50	220	60
4	4	60	50	40	0,12	0,1	0,05	120	75	50	380	80
5	5	50	25	25	0,13	0,05	0,1	70	45	50	380	100
6	6	15	10	8	0,06	0,08	0,1	60	30	50	220	-40
7	7	35	30	25	0,05	0,1	0,06	80	20	50	127	-60
8	8	20	18	15	0,08	0,12	0,1	150	40	50	220	-80
9	9	25	20	18	0,1	0,08	0,05	100	50	50	220	-100
10	10	10	15	12	0,04	0,06	0,12	50	25	50	220	-30
11	1	40	20	10	0,15	0,08	0,08	100	50	50	127	100
12	2	30	25	30	0,07	0,1	0,1	30	45	50	380	40
13	3	45	32	18	0,14	0,06	0,12	80	30	50	380	80
14	4	60	40	20	0,12	0,05	0,08	40	70	50	220	-30
15	5	50	25	15	0,13	0,1	0,06	60	20	50	380	-80
16	6	35	15	8	0,1	0,06	0,1	20	30	50	127	100
17	7	25	35	25	0,15	0,05	0,06	75	150	50	380	40

Продолжение таблицы 2

№ варианта	№ варианта схемы на рис.2	r_1	r_2	r_3	L_1	L_2	L_3	C_1	C_2	f	U_m	φ
-	-	Ом	Ом	Ом	Гн	Гн	Гн	мкФ	мкФ	Гц	В	Град.
18	8	35	20	15	0,2	0,08	0,1	120	75	50	380	80
19	9	50	25	18	0,1	0,1	0,05	45	100	50	380	-100
20	10	25	10	12	0,05	0,04	0,12	70	60	50	380	-60
21	1	45	35	20	0,08	0,1	0,1	30	75	50	220	60
22	2	60	25	25	0,15	0,15	0,06	60	50	50	380	60
23	3	50	30	25	0,07	0,2	0,05	20	75	50	220	80
24	4	15	18	15	0,14	0,1	0,1	80	80	50	220	100
25	5	35	20	18	0,12	0,05	0,1	40	20	50	127	-30
26	6	32	40	35	0,13	0,08	0,06	150	100	50	127	-60
27	7	40	30	50	0,06	0,1	0,1	50	45	50	380	-40
28	8	25	35	25	0,05	0,12	0,05	100	25	50	220	30
29	9	8	20	10	0,08	0,08	0,12	25	30	50	127	40
30	10	25	25	30	0,1	0,06	0,04	50	75	50	380	60

3. Расчет переходных процессов при подключении цепи к источнику постоянного напряжения.

При выполнении этой части работы студенты должны уяснить порядок расчета электрической цепи в переходном режиме классическим и операторным методами; научиться определять начальные условия и принужденные составляющие токов и напряжений, при расчете операторным методом освоить применение формул разложения.

На рисунке 3 представлены десять вариантов схем линейных электрических цепей постоянного тока, в которых происходит замыкание или размыкание ключа (коммутация). Числовые данные для схем приведены в таблице 3. Необходимо определить переходные токи или переходное падение напряжения на ёмкости в зависимости от варианта.

Требуется:

Рассчитать переходный процесс с помощью:

1. Классического метода расчёта.
2. Операторного метода расчёта.
3. Построить график переходного процесса.

Порядок расчёта

1. Классический метод расчёта:

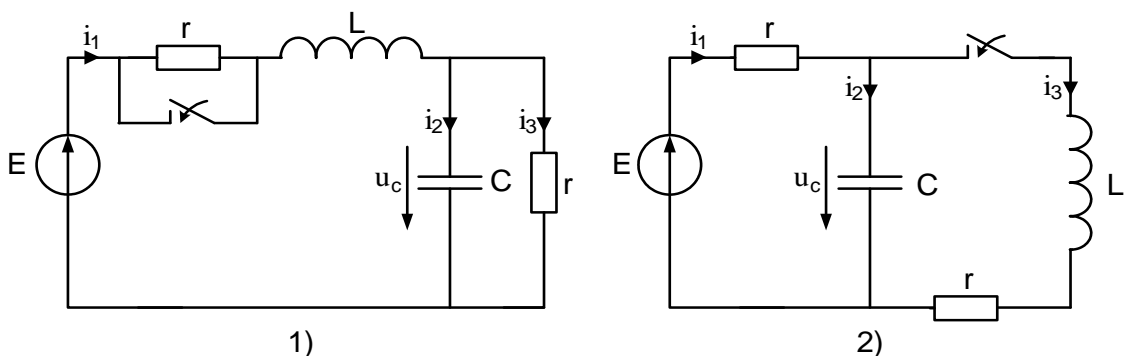
- для после коммутационной схемы по законам Кирхгофа составить систему уравнений для мгновенных значений токов и напряжений;
- найти принуждённое значение тока или падения напряжения;
- по методу входного сопротивления составить характеристическое уравнение и найти его корни;
- по виду корней характеристического уравнения определить вид свободной составляющей тока или падения напряжения;
- записать общее решение в виде суммы принуждённой и свободной составляющих тока или падения напряжения;
- определить постоянные интегрирования, используя независимые и зависимые начальные условия;
- записать общее решение, подставив в него найденные постоянные интегрирования.

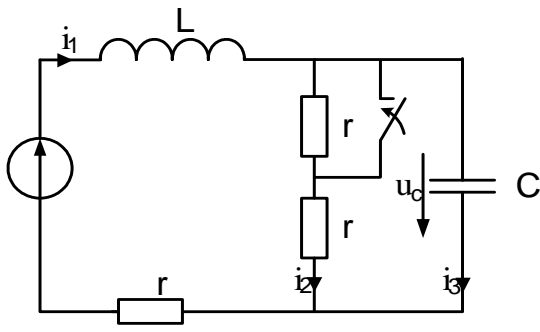
2. Операторный метод расчёта:

- составить операторную схему замещения;
- используя любой из методов расчёта установившихся режимов в линейных электрических цепях, найти требуемое изображение тока или падения напряжения;
- по формуле разложения найти оригинал тока или падения напряжения.

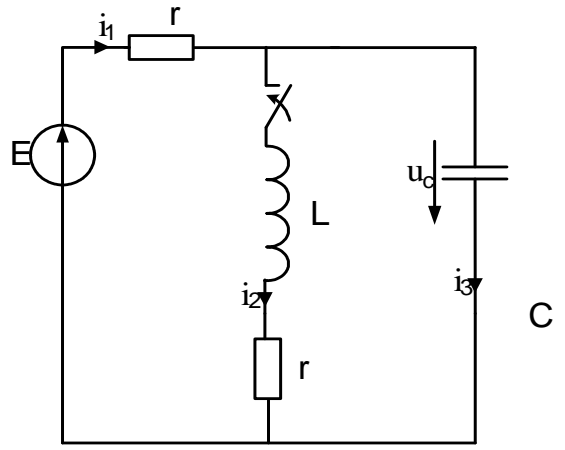
3. Построение графика переходного процесса:

- определить постоянные времени переходного процесса;
- определить время переходного процесса, используя постоянные времени переходного процесса;
- нарисовать результирующий график как сумму графика принуждённой составляющей и графика (-ов) свободной составляющей тока или падения напряжения.

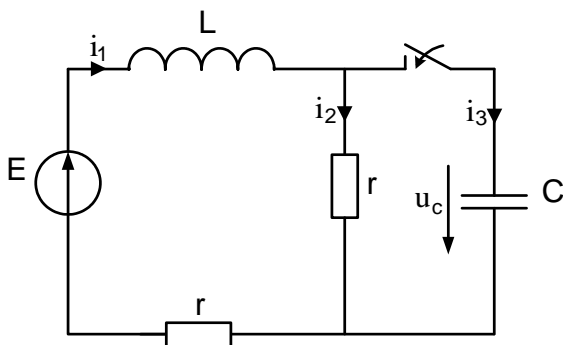




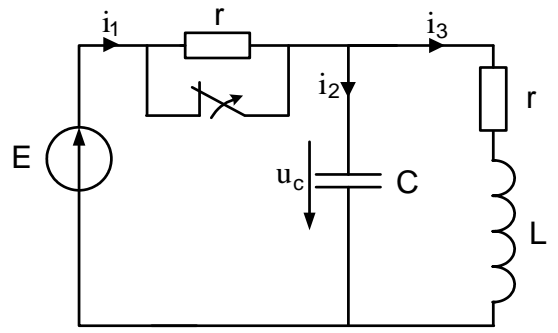
3)



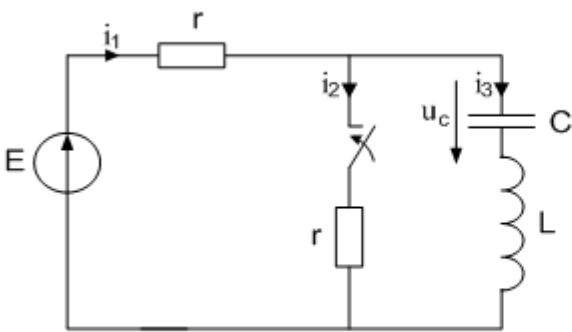
4)



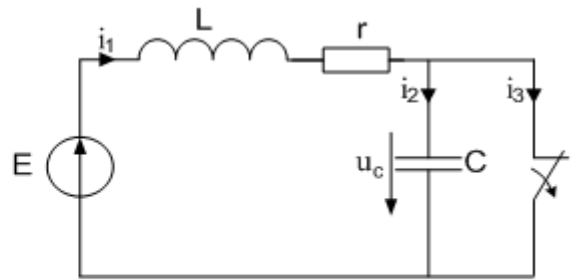
5)



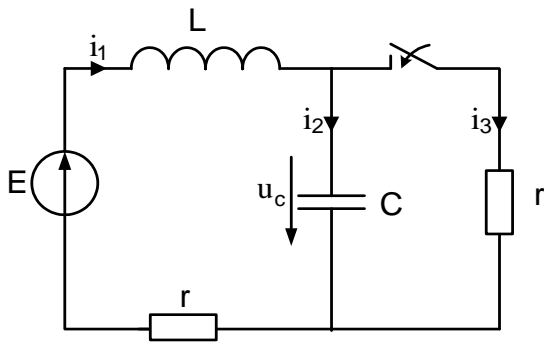
6)



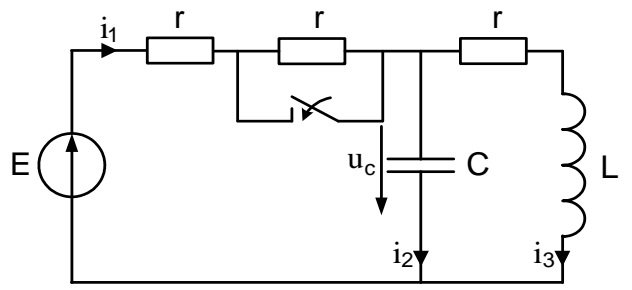
7)



8)



9)



10)

Рис. 3. Десять вариантов схем таблицы 3.

Таблица 3

№ варианта	№ варианта схемы на рис. 6	r	L	C	E	Определить закон изменения
-	-	Ом	Гн	мкФ	В	-
1	1	10	0,1	100	100	$u_c(t)$
2	2	8	0,02	31,3	150	$i_1(t)$
3	3	6	0,06	83,3	200	$i_2(t)$
4	4	15	0,025	80	110	$i_3(t)$
5	5	48	0,06	200	120	$i_1(t)$
6	6	8	0,05	100	130	$i_2(t)$
7	7	5	0,1	120	140	$i_3(t)$
8	8	10	0,08	100	50	$u_c(t)$
9	9	15	0,1	40	60	$i_1(t)$
10	10	10	0,05	50	70	$i_2(t)$
11	1	10	0,06	50	80	$i_3(t)$
12	2	6	0,025	100	90	$u_c(t)$
13	3	8	0,1	83,3	100	$i_1(t)$
14	4	10	0,05	80	125	$i_2(t)$
15	5	15	0,08	120	130	$i_3(t)$
16	6	8	0,025	100	135	$u_c(t)$
17	7	5	0,1	80	140	$i_1(t)$
18	8	6	0,05	31,3	145	$i_2(t)$
19	9	48	0,06	100	150	$i_3(t)$
20	10	6	0,08	40	145	$u_c(t)$
21	1	8	0,1	120	175	$u_c(t)$
22	2	5	0,05	50	200	$i_1(t)$
23	3	10	0,025	80	100	$i_2(t)$
24	4	10	0,1	100	150	$u_c(t)$
25	5	48	0,08	31,3	200	$i_1(t)$
26	6	15	0,1	83,3	110	$i_2(t)$
27	7	8	0,05	100	120	$i_3(t)$
28	8	10	0,025	40	130	$u_c(t)$
29	9	15	0,1	80	140	$i_1(t)$
30	10	10	0,06	50	50	$i_2(t)$

4. Структура пояснительной записки

Пояснительная записка должна включать в себя следующие структурные части в указанной последовательности:

- а) титульный лист;
- б) задание;
- в) содержание;
- г) введение;
- д) основную (проектную) часть;
- е) заключение;

ж) перечень условных обозначений, символов, единиц и терминов (при необходимости);

з) список использованных источников; и) приложения (при необходимости).

Основная часть курсовой работы состоит из двух частей:

1. Теоретическая часть, в которой отражены теоретические сведения, относящиеся к конкретной задаче (например, для первого задания необходимо рассмотреть методы решения сложных электрических цепей)

2. Расчетная часть, в которой приводится непосредственно решение задачи.

5. Требования к защите курсовой работы.

При защите работы студент должен уметь грамотно объяснить последовательность выполнения расчетов, рассказать, какими правилами и законами электрических цепей он воспользовался на каждом этапе расчетов, обосновать правомерность их применения, и уметь демонстрировать их на других примерах.

Оценка за курсовую работу ставится по итогам защиты.

6. Список рекомендуемой литературы .

Атабеков Г.И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи / Г.И.Атабеков. – М. : Лань, 2008.

Демирчян К.С. Теоретические основы электротехники / К.С.Демирчян, Н.В.Коровкин, Л.Р.Нейман,. – С-Пб. : Питер, 2009.

Запасный А.И. Основы теории цепей / А.И.Запасный, М. : РИОР, 2006.

Ружников В.А. Основы теории цепей / В.А.Ружников, А.А.Лессинг, Н.В.Должикова. – Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2005.

Интернет-ресурсы:

1. <http://www.college.ru/enportal/physics/content>

2. <http://elib.ispu.ru/library/electro1/index.htm>