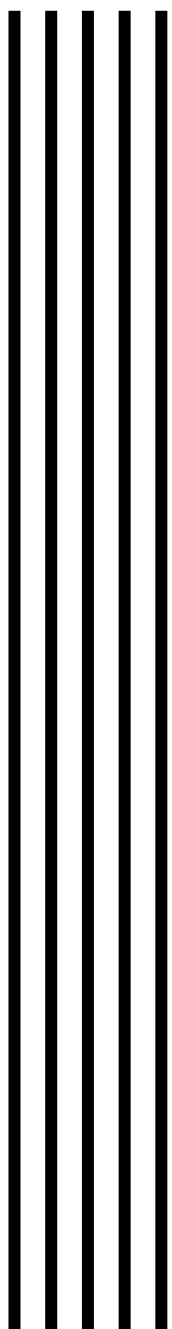


Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический университет
Факультет радиоэлектроники
Кафедра радиотехники и телекоммуникаций



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
и задания к выполнению контрольных работ
по дисциплине
«ОСНОВЫ ТЕОРИИ ЦЕПЕЙ»
для студентов заочной формы обучения
направления 6.050901 — «Радиотехника»

Севастополь

2013

Методические указания и задания к выполнению контрольных работ по дисциплине «Основы теории цепей» для студентов заочной формы обучения направления 6.050901 — «Радиотехника» / СевНТУ; Сост. В.Б. Салицкий, А.С. Солдатенко. — Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2013. — 14 с.

Целью методических указаний является оказание помощи студентам в выполнении плановых контрольных работ по дисциплине «Основы теории цепей». В процессе выполнения контрольных работ осваиваются основных теоретические разделы и приобретаются навыки практических расчётов электрических схем.

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры радиотехники и телекоммуникаций (протокол №7 от 26 марта 2013 г.).

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний.

Рецензент: заведующий кафедрой радиотехники и телекоммуникаций, доктор технических наук, профессор Гимпилевич Ю.Б.

Ответственный за выпуск: заведующий кафедрой радиотехники и телекоммуникаций, доктор технических наук, профессор Гимпилевич Ю.Б.

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Основы теории цепей» служит теоретической базой для изучения специальных дисциплин. Основной задачей дисциплины является овладение инженерными методами исследования процессов, происходящих в электротехнических и радиотехнических устройствах.

Для успешного освоения дисциплины необходимы знания физики и математики в объёме школьных курсов и первого семестра учебной программы университета.

Рабочей программой дисциплины для групп «з» предусмотрено выполнение двух контрольных работ во втором семестре обучения.

Целью контрольных работ является проверка освоения студентами разделов курса. Приступать к выполнению очередной контрольной работы следует после изучения необходимого теоретического материала, ссылки на который даны в методических указаниях к каждой из контрольных работ.

В случае затруднений, встречающихся при изучении той или иной темы, обратиться на кафедру за консультацией.

К оформлению контрольных работ предъявляются нижеследующие требования. Каждая работа выполняется в отдельной тетради или на листах формата А4. На титульном листе должны быть указаны: наименование университета, факультета, кафедры, фамилия, имя и отчество студента, номер учебной группы и шифр студента (номер его зачётной книжки), номер контрольной работы, наименование учебной дисциплины, по которой выполнена работа, домашний адрес студента.

Текст, формулы и числовые выкладки должны быть написаны чётко и аккуратно фиолетовой, синей или чёрной пастой (чернилами) или набраны на компьютере. На каждой странице должны быть оставлены поля шириной 3-4 см для замечаний рецензента.

В начале каждой задачи следует приводить условие задачи с заданными числовыми значениями величин, а также схему электрической цепи. Электрические схемы должны вычерчиваться с соблюдением принятых условных графических изображений элементов схем в соответствии с требованиями ЕСКД. Следует строго придерживаться установленных буквен-

ных обозначений. Напряжения на элементах цепи обозначать индексом элемента. (Например, напряжение на сопротивлении R_3 будет обозначено U_{R3}).

Схемы графики и векторные диаграммы должны быть выполнены с помощью чертежных инструментов. Графики вычерчиваются на листах миллиметровой бумага, либо могут быть построены на компьютере и вклеиваются в текст контрольной работы. На осях координат должны быть указаны значения и единицы их измерения в масштабе $1 \cdot 10^k$ или $5 \cdot 10^k$, где k — целое число.

Поощряется оформление контрольных работ полностью на компьютере с дальнейшей распечаткой на листах формата А4.

При изложении решения задач необходимо давать краткие пояснения каждого этапа решения и приводить необходимые расчётные формулы. Конечные результаты решения: задачи должны быть записаны с точностью до третьей значащей цифрой, например: 1,32; 13200; $1,32 \cdot 10^3$; 0,132; $1,32 \cdot 10^6$ с указанием их размерности (А, В, мА, МГц и т.п.). Решение задач не следует перегружать промежуточными алгебраическими преобразованиями, а также выводами формул, имеющимися в литературе. Каждое математическое выражение должно быть записано в следующем порядке: вначале формула в общем виде, затем, после знака равенства, это же выражение с численной подстановкой значений в системе СИ, далее, после знака равенства, результат вычислений.

Ответы на контрольные вопросы должны быть по возможности краткими и, как правило, содержать формулировку и, если необходимо, то и математическое выражение (формулу).

В конце работы необходимо привести список использованной литературы, поставить дату выполнения работы и роспись.

Вариант « n » задания для каждой контрольной работы определяется последней цифрой номера зачетной книжки студента.

1. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1

1.1. Задача 1.1

В схеме, приведённой на рис. 1.1 выбрать условно положительные направления токов ветвей, пронумеровать узлы и построить направленный топологический граф цепи. Выбрать дерево графа и систему главных контуров. Составить матрицу узлов (соединений) графа.

Записать основную систему уравнений электрического равновесия цепи для мгновенных значений токов и напряжений, состоящую из топологических уравнений (уравнений, составленных на основании первого и второго законов Кирхгофа) и компонентных уравнений (связь между током и напряжением каждой ветви).

Кратко сформулировать смысл следующих теоретических вопросов:

- ветвь и узел электрической цепи;
- 1-ый закон Кирхгофа, необходимое количество составляемых уравнений;
- 2-ой закон Кирхгофа, необходимое количество составляемых уравнений;
- связь между током и напряжением на зажимах резистора, конденсатора, катушки.

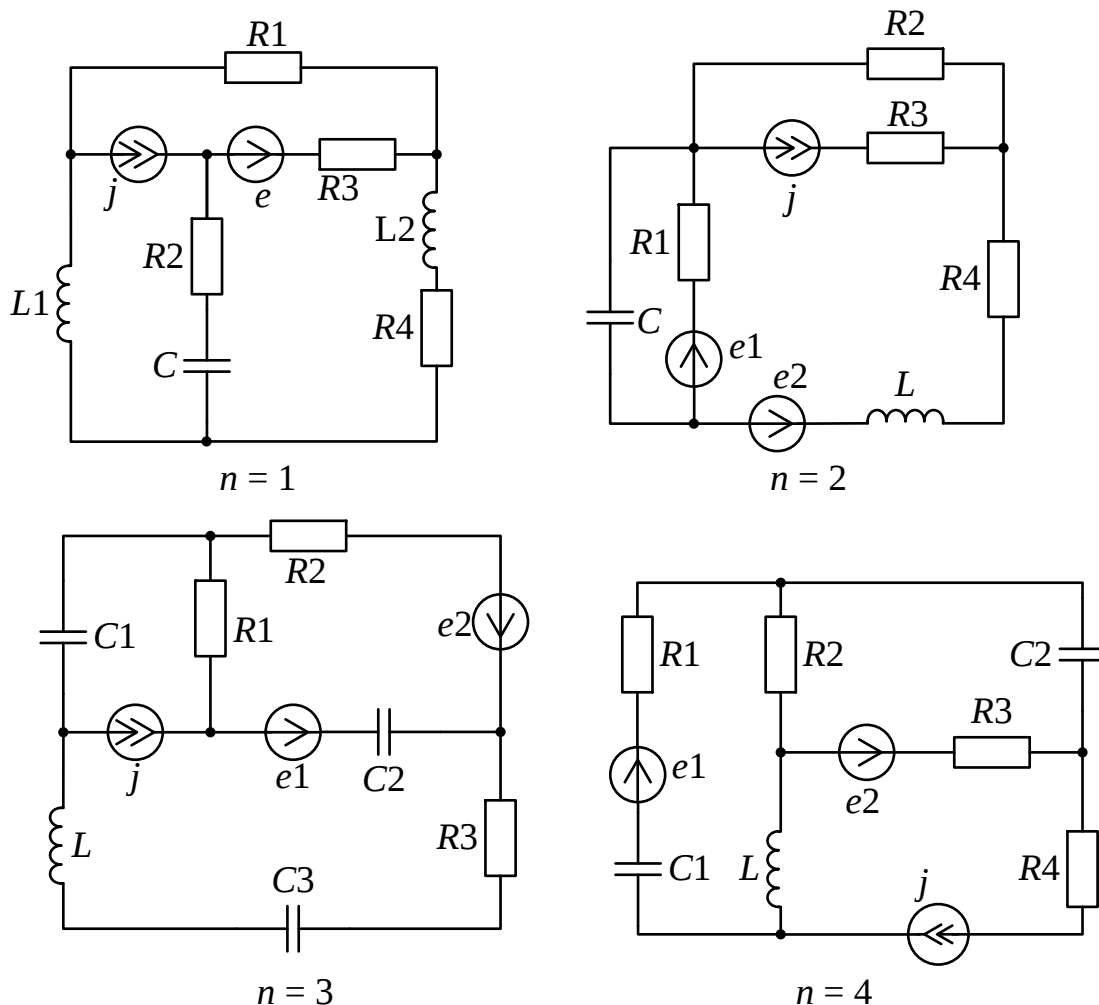


Рис. 1.1 — Варианты заданий к задаче 1.1

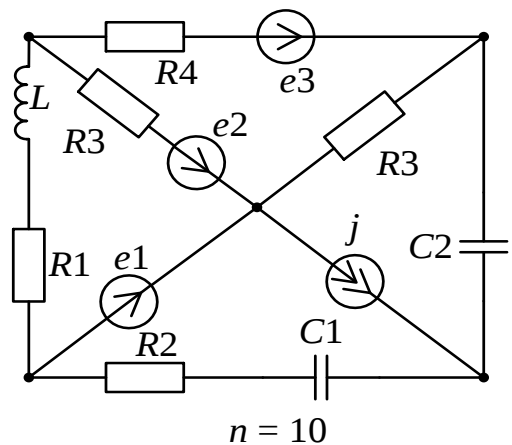
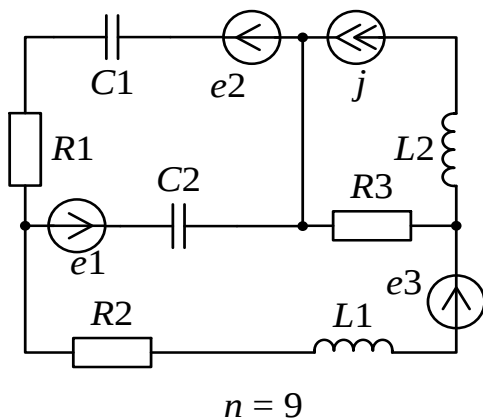
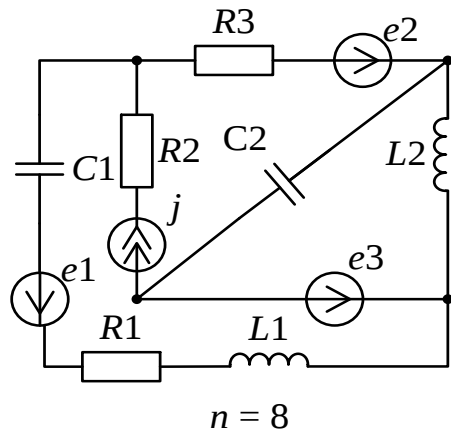
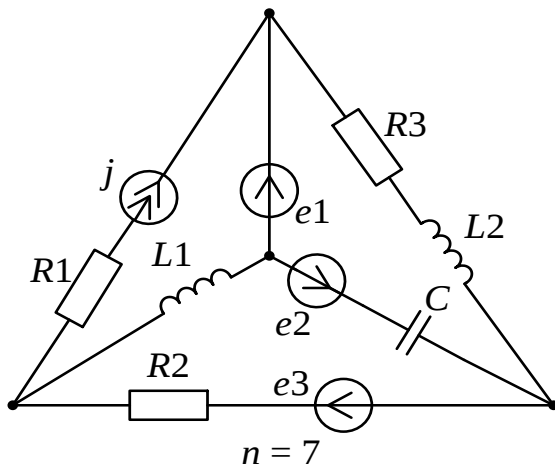
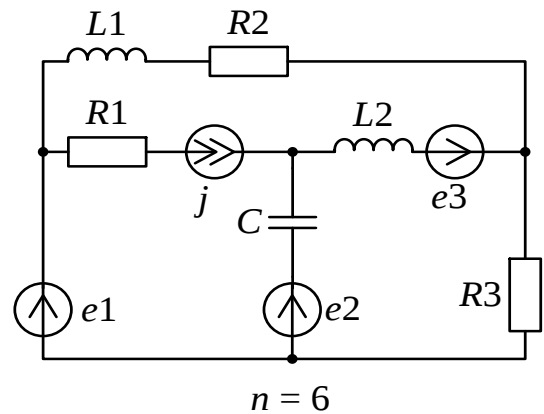
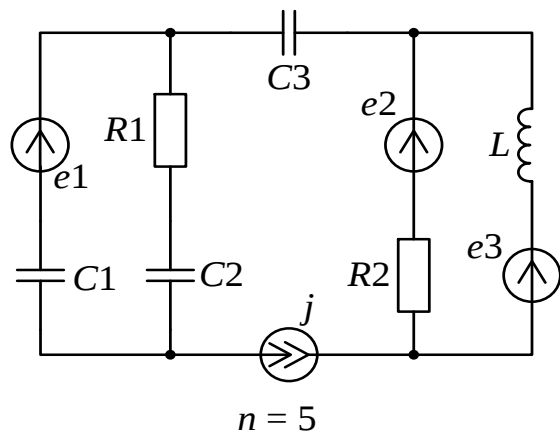


Рис. — Продолжение рис. 1.1

1.2. Задача 1.2

Определить амплитуду, действующее значение, частоту, угловую частоту и начальную фазу гармонических колебаний, заданных в таблице 1.1.

Найти комплексные амплитуды и комплексные действующие значения гармонического тока и напряжения в показательной и алгебраической формах записи.. Построить векторные диаграммы комплексных амплитуд.

Определить с точностью до частоты мгновенные значения гармонических напряжений и токов по заданным комплексным амплитудам и ком-

плексным действующим значениям в вольтах и амперах, соответственно (таблица 1.2).

Кратко сформулировать смысл следующих теоретических вопросов:

- действия над комплексными числами (сложение, вычитание, умножение, деление);
- законы Ома и Кирхгофа для комплексных амплитуд напряжений и токов;
- комплексная амплитуда гармонической функции времени.

Таблица 1.1 — Варианты к задаче 1.2

$n = 1$	$i = \cos \pi 10^3 t + \pi/3 \text{ A}$ $u = -8 \sin \pi 10^6 t - \pi/4 \text{ B}$	$n = 6$	$i = 6 \sin 2\pi \cdot 10^3 t - \pi/3 \text{ A}$ $u = 20 \cos \pi 10^4 t + \pi/4 \text{ B}$
$n = 2$	$i = \sqrt{8} \cos \pi 10^6 t + \pi/4 \text{ A}$ $u = \sqrt{2} \sin \pi 10^{14} t - \pi/3 \text{ B}$	$n = 7$	$i = 4 \sin \pi 10^4 t + \pi/3 \text{ A}$ $u = -\sin \pi 10^4 t \text{ B}$
$n = 3$	$i = -10 \sin 2\pi \cdot 10^6 t - 5\pi/6 \text{ A}$ $u = 2 \cos \pi 10^4 t \text{ B}$	$n = 8$	$i = -\cos \pi 10^5 t \text{ A}$ $u = 3 \cos 3\pi \cdot 10^6 t - \pi/8 \text{ B}$
$n = 4$	$i = -6 \sin \pi 10^4 t \text{ A}$ $u = \sqrt{2} \cos \pi 10^3 t - \pi/4 \text{ B}$	$n = 9$	$i = 8 \cos \pi 10^8 t \text{ A}$ $u = -10 \sin 2\pi \cdot 10^4 t - \pi/8 \text{ B}$
$n = 5$	$i = -4 \cos \pi 10^6 t + \pi/3 \text{ A}$ $u = 2\sqrt{2} \sin \pi 10^5 t - \pi/6 \text{ B}$	$n = 0$	$i = 6 \cos \pi 10^4 t + \pi/4 \text{ A}$ $u = -\cos \pi 10^3 t - \pi/3 \text{ B}$

Таблица 1.2 — Варианты к задаче 1.2

$n = 1$	$U_m = 10e^{j\pi/4}, \text{ B}; I = (6+j8)/e^{j\pi/2}, \text{ A}$	$n = 6$	$U = e^{j\pi} + j2, \text{ B}; I_m = (6-j3)/j, \text{ A}$
$n = 2$	$U = -3-j14, \text{ B}; I_m = j \cdot e^{j\pi/3}, \text{ A}$	$n = 7$	$U_m = e^{j\pi/2} + e^{-j\pi}, \text{ B}; I = j7 \cdot e^{j\pi/6}, \text{ A}$
$n = 3$	$U_m = j10, \text{ B}; I = -2+j2, \text{ A}$	$n = 8$	$U = 3+j5, \text{ B}; I_m = e^{j\pi/3}/e^{j\pi/2}, \text{ A}$
$n = 4$	$U = 10, \text{ B}; I_m = e^{j\pi/6}/(2-j3), \text{ A}$	$n = 9$	$U_m = 8/(-2+j), \text{ B}; I = 2e^{j\pi/4} + j, \text{ A}$
$n = 5$	$U_m = -j12, \text{ B}; I = 2+j4 + e^{j\pi/4}, \text{ A}$	$n = 0$	$U = (3-j5)/e^{j\pi}, \text{ B}; I_m = j2 \cdot e^{j\pi/3}, \text{ A}$

1.3. Задача 1.3

Для цепи, представленной на рис. 1.1 составить систему уравнений электрического равновесия цепи методом контурных токов и методом узловых напряжений. Считать, что цепь находится при гармоническом внешнем воздействии с угловой частотой.

Кратко сформулировать смысл следующих теоретических вопросов:

- порядок расчёта цепей методом контурных токов, количество линейно независимых уравнений, составляемых по этому методу. Особенности выбора контуров в методе контурных токов при наличии в цепи источников тока;
- порядок расчёта цепей методом узловых напряжений, количество независимых уравнений, составляемых по этому методу. Особенности выбора узлов в методе узловых напряжений при наличии в цепи вырожденных источников напряжения.

1.4. Задача 1.4

Для цепи, изображенной на рис. 1.2 на заданной частоте определить комплексное сопротивление и комплексную проводимость двухполюсника в показательной и алгебраической формах записи.

Параметры элементов цепи:

$$R = 100 \text{ Ом}; L = 10 \text{ мГн}; C = 1 \text{ мкФ}.$$

Построить векторные диаграммы сопротивления и проводимости двухполюсника. Определить характер сопротивления цепи и сдвиг фаз между напряжением и током на зажимах двухполюсника.

Кратко сформулировать смысл следующих теоретических вопросов:

- комплексное сопротивление и комплексная проводимость участка электрической цепи;
- физический смысл модуля и аргумента комплексного сопротивления цепи;
- пояснить чем определяется характер комплексного сопротивления участка электрической цепи.

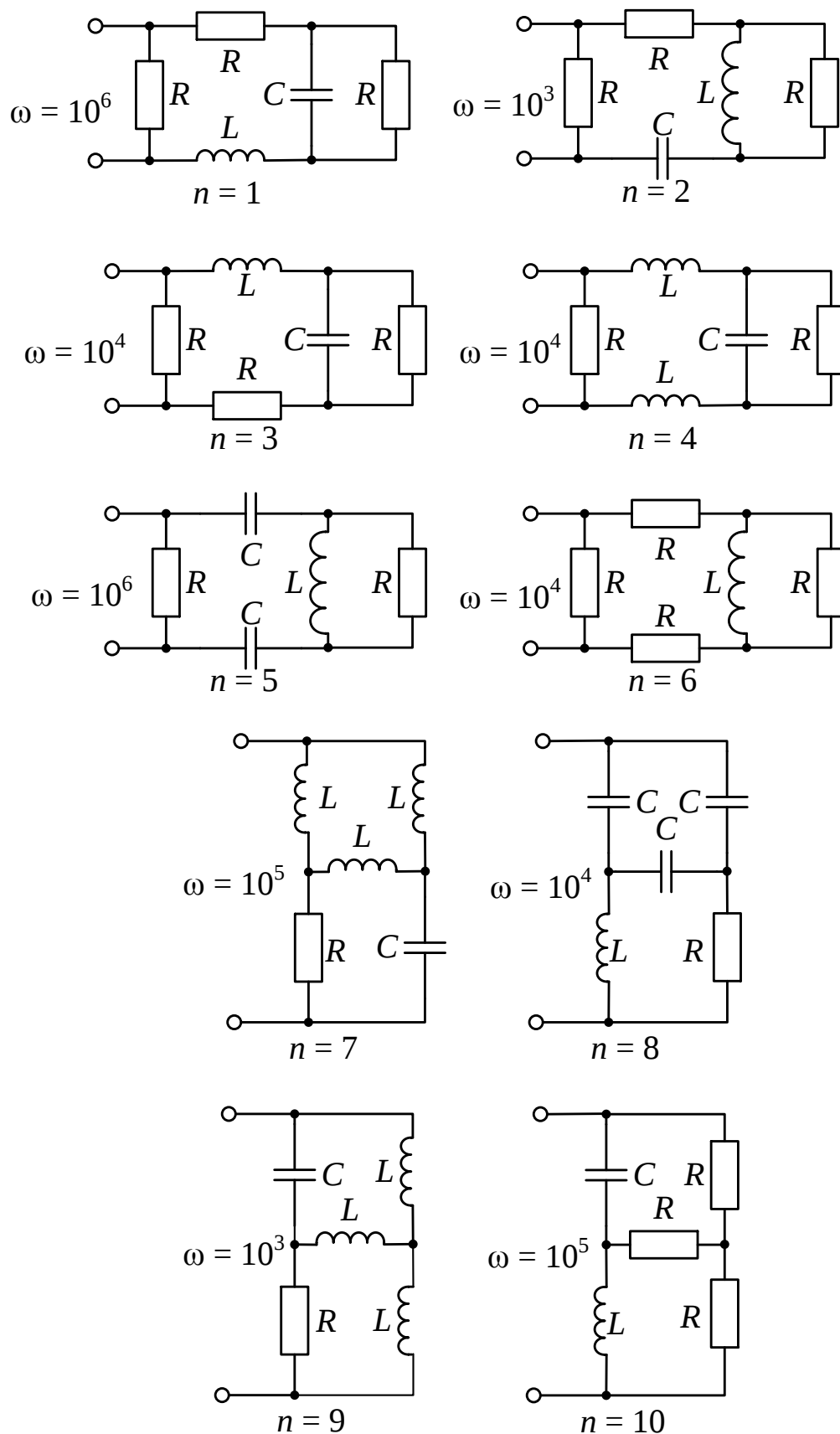


Рис. 1.2 — Варианты к задаче 1.3

1.5. Методические рекомендации к выполнению КР1

Для решения задачи 1.1. необходимо изучить основные понятия теории цепей; источники и приемники электрической энергии, электрический ток, напряжение, энергия, мощность, [1], п.1.1; [2], п.1.1...1.10.

Необходимо понимать соотношения между током и напряжением в идеализированных пассивных элементах цепи: сопротивления, емкости и индуктивности [1], п.1.2, знать топологические свойства цепи и уметь составлять компонентные и топологические уравнения цепи на основании первого и второго законов Кирхгофа [1], п.1.4, с.32-40; п.1.2; [2], п.2.3.

Решение задачи 1.2 требует изучение метода комплексных амплитуд [1], п.2.2 и умения выполнять операции над комплексными изображениями гармонических функций, а также операции перехода от гармонических функций к их комплексным изображениям и обратной операции [2], п.3.4.

Для решения задачи 1.3 необходимо изучить методы формирования уравнений электрического равновесия цепи: метод контурных токов и метод узловых напряжений [2], п.2.4, п.2.5.

Задача 1.4 требует умения анализировать простейшие линейные цепи при гармоническом воздействии и определять их комплексные сопротивление и проводимость [1], п.1.2, с.80–82; п.2.4, п.2.6, с.111–119. При вычислении комплексных сопротивлений и проводимостей цепи надо помнить, что при последовательном соединении произвольного количества элементов цепи комплексное сопротивление цепи равно сумме комплексных сопротивлений всех элементов, а при параллельном соединении элементов комплексная проводимость цепи равна сумме комплексных проводимостей всех параллельно включенных элементов. В цепи со смешанным соединением элементов объединение групп последовательно и параллельно включенных элементов позволяет заменить всю цепь одним элементом, комплексное сопротивление которого равно входному комплексному сопротивлению цепи.

2. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2

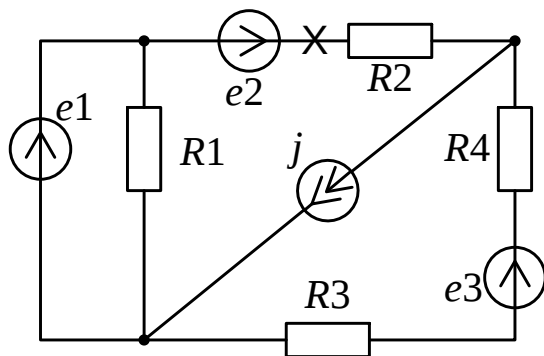
2.1. Задача 2.1

В электрической цепи постоянного тока, представленной на рис. 2.1 рассчитать токи ветвей и напряжения на всех элементах цепи. Составить баланс мощностей. Задачу для нечётных вариантов решить методом контурных токов, для чётных вариантов — методом узловых напряжений. Параметры элементов цепи: $E_1 = 10$ В; $E_2 = 2$ В; $E_3 = 5$ В; $I = 1$ А; $R_1 = 2$ Ом; $R_2 = 6$ Ом; $R_3 = 10$ Ом; $R_4 = 3$ Ом.

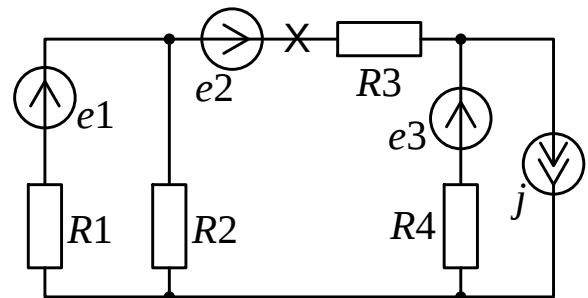
В цепи постоянного тока, представленной на рис. 2.1, рассчитать ток ветви, отмеченной звёздочкой, методом наложения для нечётных вариантов и методом эквивалентного источника — для чётных.

Кратко сформулировать смысл следующих теоретических вопросов:

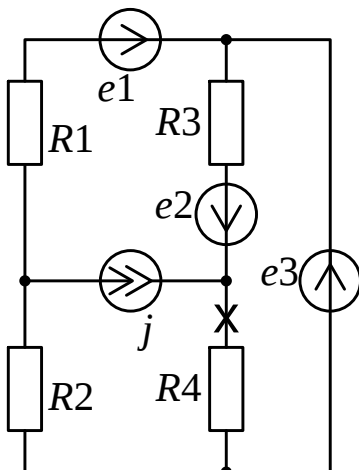
- сформулировать теорему наложения;
- сформулировать теорему об эквивалентном источнике.



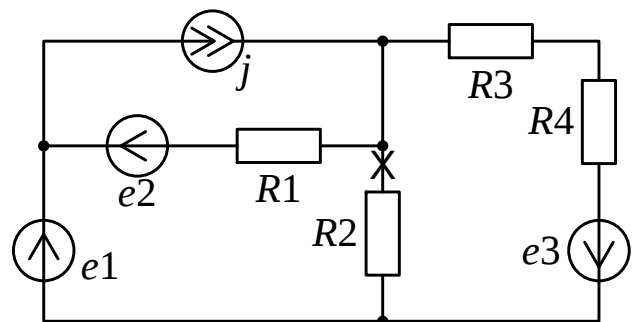
$n = 0$



$n = 1$



$n = 2$



$n = 3$

Рис. 2.1 — Варианты к задаче 2.1

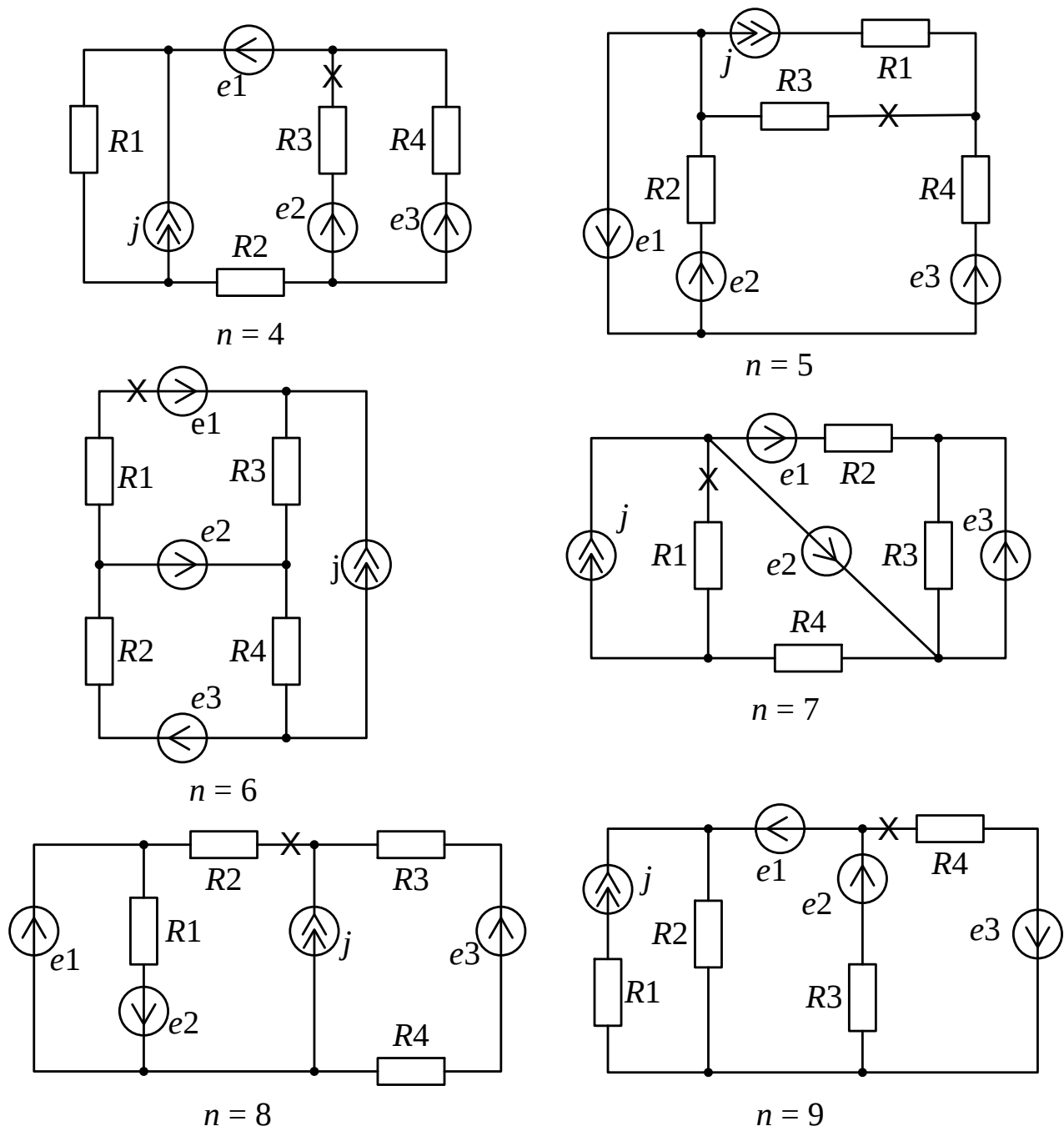


Рис. — Продолжение рис. 2.1

2.2. Задача 2.2

Определить комплексное входное сопротивление цепи, изображенной на рис. 2.2 в режиме холостого хода (ХХ) выходных зажимов и короткого замыкания (КЗ) выходных зажимов. Построить АЧХ и ФЧХ комплексного выходного сопротивления в режимах ХХ и КЗ. Параметры элементов цепи: $R = 200 \text{ Ом}$; $L = 100 \text{ мкГн}$; $C = 0,1 \text{ мкФ}$.

Для этой же цепи определить комплексный коэффициент передачи цепи по напряжению в режиме холостого хода выходных зажимов. Построить АЧХ и ФЧХ комплексного коэффициента передачи цепи по напряжению.

Кратко сформулировать смысл следующих теоретических вопросов:

- дать определение комплексной частотной характеристики цепи, перечислить разновидности комплексных частотных характеристик;
- физический смысл амплитудно-частотных и фазо-частотных характеристик цепи.

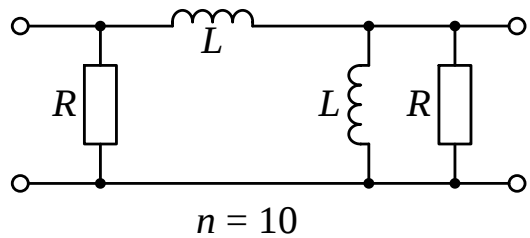
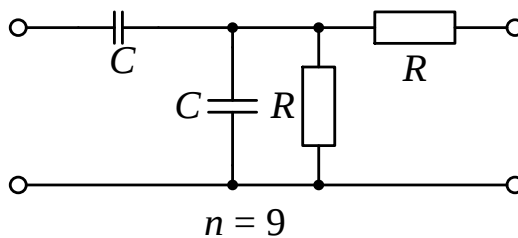
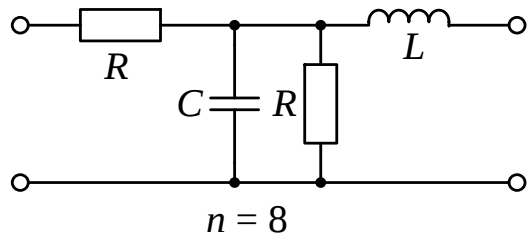
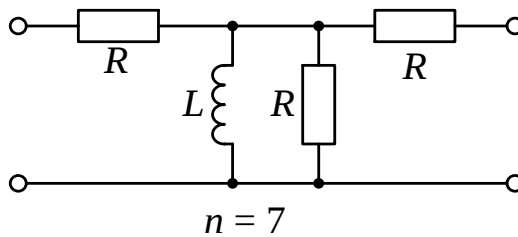
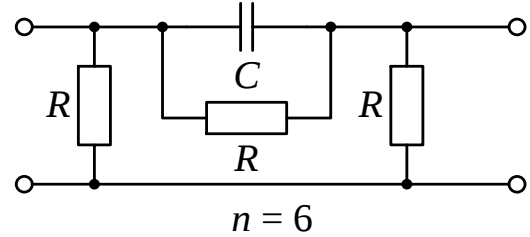
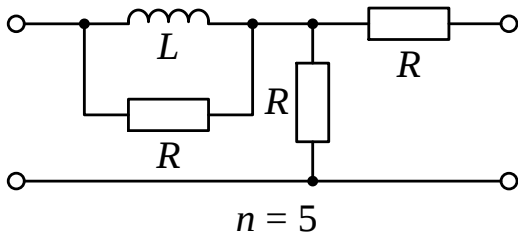
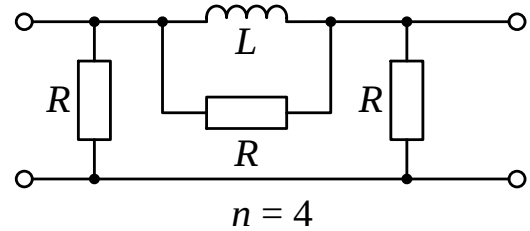
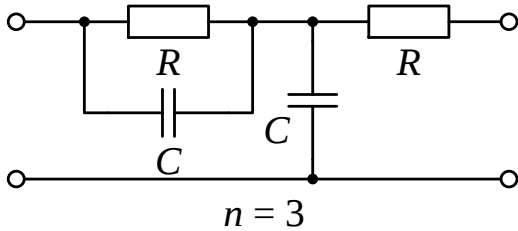
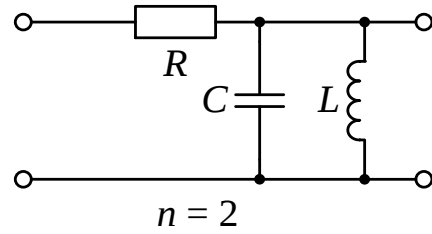
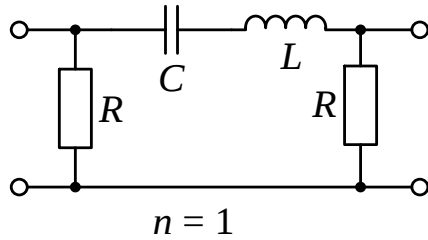


Рис. 2.2 — Варианты к задаче 2.2

2.3. Задача 2.3

Последовательный колебательный контур, подключенный к источнику напряжения $e = E_m \cdot \cos(\omega t)$ имеет индуктивность L , резонансную частоту f_0 и полосу пропускания $2\Delta f_0$ (см. табл. 2.1).

Начертить эквивалентную схему замещения контура, определить ёмкость C , сопротивление потерь R , характеристическое сопротивление ρ , добротность Q , и затухание d .

Рассчитать ток и напряжение на элементах контура на резонансной частоте и частотах, соответствующих границам полосы пропускания.

Кратко сформулировать смысл следующих теоретических вопросов :

- дать определение последовательного колебательного контура;
- условие резонанса напряжений в последовательном колебательном контуре;
- физический смысл добротности контура;
- физический смысл характеристического сопротивления;
- связь полосы пропускания и добротности контура.

Таблица 2.1 — Варианты к задаче 2.3

n	$E_m, \text{В}$	$L, \text{Гн}$	$f_0, \text{Гц}$	$2\Delta f_0, \text{Гц}$	n	$E_m, \text{В}$	$L, \text{Гн}$	$f_0, \text{Гц}$	$2\Delta f_0, \text{Гц}$
1	10	$4 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^6$	10^5	6	2	$2 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^2$
2	3	$8 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^7$	$8 \cdot 10^5$	7	8	10^{-1}	10^2	4
3	4	1,5	10	1,5	8	5	$3 \cdot 10^{-5}$	$8 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^5$
4	9	12	0,2	0,02	9	7	$5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^3$	60
5	1	$6 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^3$	0	6	$9 \cdot 10^{-6}$	$6 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^5$

2.4. Методические рекомендации к выполнению КР2

Для выполнения второй контрольной работы (Задача 2.1) требуется проработка основных теорем теории цепей: принципа наложения [1], п.4.2, а также теоремы об эквивалентном источнике [1], п.4.2 с.228-231; необходимо изучить методы формирования уравнений электрического равновесия цепи.

Для решения задачи 2.2 надо изучить основные понятия о комплексных частотных характеристиках электрических цепей [1], п.3.1 с.147...151 и ознакомиться с методами расчета комплексных частотных характеристик простейших цепей [1], п.3.1 с.153...157; [2], п.5.1...5.4; [3], п.3.1.

Для решения задачи 2.3 необходимо изучить свойства, основные параметры и частотные характеристики последовательного и параллельного колебательных контуров [1], п.3.2...3.4; [2], п.5.3...5.7; [3], п.3.2...3.4.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Попов В.П. Основы теории цепей: Учебник для студентов ВУЗов специальности "Радиотехника"/ В.П. Попов. — М.: Высш.шк., 2000. — 496 с.
2. Основи теорії кіл: Підручник для студентів ВНЗ, ч. 1 / Ю.О. Коваль, Л. В. Гринченко, І. О. Милютченко, О. І. Робін. — Харків, ХНУРЕ: Колегіум, 2005. — 436 с.
3. Бирюков В.Н. Сборник задач по теории цепей: Учебное пособие для студентов ВУЗов специальности. "Радиотехника"/ В.Н. Бирюков, В.П. Попов, В.И. Семенцов; под ред. В.П.Попова. — М.: Высш. школа, 1985. — 239 с.
4. Шебес М.Р. Задачник по теории линейных электрических цепей / М.Р. Шебес. — М.: Высш. школа, 1982. — 473 с.

