

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по дисциплине

“ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА”

для студентов заочной формы обучения

Направление подготовки: Прикладная гидрометеорология

Профили: Прикладная метеорология

Прикладная гидрология

Прикладная океанология

Курс II, III



**Санкт-Петербург
2018**

Методические указания по дисциплине «Электротехника и электроника» - СПб.: изд. РГГМУ, 2018 – с. 29

Методические указания составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины “Электротехника и электроника”. Даются рекомендации по изучению разделов дисциплины. Приводятся вопросы для самопроверки, рекомендуемая литература, перечень лабораторных работ и содержание контрольной работы с указаниями по ее выполнению и оформлению.

Составители: Большаков В.А., к.т.н. доцент, Векшина Т.В., к.т.н., Коринец Е.М.

© В. А. Большаков, Т.В. Векшина Т.В., Е.М. Коринец (РГГМУ), 2018

© Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ), 2018

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Цель дисциплины «Электротехника и электроника» состоит в формировании знаний теоретических основ электротехники и современной электронной техники, необходимых при изучении технических дисциплин специальности.

Дисциплина должна дать обучающимся необходимые знания по теории электрических и магнитных цепей, электронных приборов, устройств и систем, и протекающим в них физическим процессам и сформировать у них навыки работы с электротехническими и электронными устройствами и измерительными приборами.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен знать: теоретические основы электротехники и электроники; устройство и принципы работы электронных приборов, составляющих элементную базу электроники, принципы построения и работы основных устройств электротехники, электроники, автоматики, электронных и электротехнических систем. Уметь: самостоятельно анализировать электрические схемы и оценивать возможности применения для конкретных приложений электротехнических и электронных устройств и систем по техническим параметрам и характеристикам; эксплуатировать современные электротехнические и электронные устройства и системы. Владеть методами математического анализа электрических и магнитных цепей и электронных устройств.

Изучение дисциплины включает в себя самостоятельное освоение учебных материалов по рекомендованной литературе в соответствии с программой, выполнение контрольной работы, практические занятия и выполнение лабораторных работ в период сессии.

Для сдачи зачета и экзамена необходимо иметь отчеты по проделанным лабораторным работам и положительную рецензию на контрольную работу.

ЛИТЕРАТУРА

а) основная литература:

1. *Комиссаров Ю.А.* Общая электротехника и электроника [Электронный ресурс]: учебник / Ю.А. Комиссаров, Г.И. Бабокин; под ред. П.Д. Саркисова. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 479 с. – (Высшее образование: Бакалавриат) – URL:

<http://znanium.com/bookread2.php?book=739609>

2. Электротехника и электроника [Электронный ресурс]: Учебник. В 2 томах. Том 1: Электротехника / А.Л. Марченко, Ю.Ф. Опадчий – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 574 с. – URL:

<http://znanium.com/bookread2.php?book=420583>

3. *Большаков В.А., Шапаренко Ю.М.* Лабораторный практикум по дисциплине “Электротехника и электроника”. – СПб.: изд. РГГМУ, 2006 – 78с.

б) дополнительная литература:

4. *Прокофьев В. Н.* Электрические цепи. – Л.: ЛГМИ, 1991. – 81 с.

5. *Морозов А.Г.* Электротехника, электроника и импульсная техника: учебник / А. Г. Морозов. – М.: Высшая школа, 1987. – 447 с.

6. Основы промышленной электроники: Учеб. для неэлектротехн. спец. вузов/В.Г. Герасимов, О.М. Князьков, А.Е. Краснопольский, В.В. Сухоруков; Под ред. В.Г. Герасимова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Вышш. Шк., 1986. – 336 с.

7. *Мержеевский А.И. Фокин А.А.* Электроника и автоматика в гидрометеорологии: Учебное пособие для студентов гидрометеорологических вузов. – Л.: Гидрометеоздат, 1977. – 384 с.

8. *Большаков В.А., Миклуш В.А.* Микроконтроллеры: Лабораторный практикум. – СПб.: РГГМУ, 2017. – 80 с.

УКАЗАНИЯ ПО РАЗДЕЛАМ

Введение

Введение служит для краткого ознакомления с задачами дисциплины и ее общим содержанием, историей, современным состоянием и перспективами развития электроники, ее ролью в гидрометеорологии.

Литература

[1] с. 7-8; [7] с. 9-13

Вопросы для самопроверки

1. Какое место занимает электроника в современном научно-техническом прогрессе?
2. Приведите примеры использования электронных устройств и систем в гидрометеорологии.

Электрические цепи

Изучение материалов этого раздела необходимо для понимания схемотехнических основ электротехники и электроники. Необходимо разобраться в методах расчета линейных электрических цепей с применением: уравнений Кирхгофа, эквивалентных преобразований, теоремы об эквивалентном генераторе напряжения, принципа суперпозиции. Нужно уметь рассчитывать линейные электрические цепи переменного синусоидального тока с помощью представления электрических величин комплексными числами, знать системы трехфазного переменного тока и уметь рассчитывать их параметры, усвоить понятия нелинейных электрических цепей и магнитных цепей и знать методы их анализа.

Изучая переходные процессы и резонансные явления в электрических цепях, следует обратить внимание на виды переходных процессов в RC, RL и RLC– цепях, условия возникновения свободных и вынужденных колебаний, векторные диаграммы и частотные характеристики последовательных и параллельных колебательных контуров.

О четырехполюсниках надо знать, какими системами уравнений они описываются, что представляют собой передаточные функции четырехполюсников, основные виды пассивных линейных фильтров и схемы их типовых звеньев, методы анализа реакции на воздействия произвольной формы.

Нужно иметь представление о дискретных электрических процессах и цепях

При изучении электрических цепей с распределенными параметрами важно понять, чем они отличаются от цепей с сосредоточенными параметрами, что представляют собой длинные линии, волноводы, антенны и для чего они применяются.

Литература

[1] с. 9-143, 154-174; [2] с. 9-391; [3] с. 54-62; [4] с. 4-80; [5] с. 7-120; [7] 78-79.

Вопросы для самопроверки

1. Как составляются уравнения по первому и второму законам Кирхгофа?
2. Как рассчитывается ток в электрической цепи методом эквивалентного генератора напряжения?

3. Какие соединения элементов называются параллельным и последовательным и как можно использовать преобразования этих соединений при расчете электрических цепей?
4. В чем состоит принцип расчета электрической цепи методом наложения?
5. Какие методы применяются для расчета линейных электрических цепей переменного синусоидального тока?
6. Как выглядят характеристики нелинейных резистивных, индуктивных и емкостных элементов?
7. Как осуществляется анализ нелинейных резистивных цепей?
8. Как рассчитываются магнитные цепи?
9. Что представляют собой трехфазные цепи переменного тока? Какими способами соединяются фазы?
10. Какой вид имеют переходные процессы в RC, RL и RLC - цепях?
11. При каких условиях возникает резонанс в последовательных и параллельных одиночных колебательных контурах? Какими параметрами и характеристиками описываются свойства резонансных колебательных контуров?
12. Что такое четырехполюсник? Какими системами уравнений он описывается?
13. Какими методами определяется реакция четырёхполюсника на воздействия произвольной формы?
14. Как описываются дискретные электрические процессы и цепи? Теорема Котельникова.
15. Что представляет собой передаточная функция четырехполюсника? Приведите схемы типовых звеньев линейных пассивных фильтров.
16. Какие электрические цепи называются цепями с распределенными параметрами? Для чего они применяются?

Электронные приборы

Раздел посвящен изучению физических основ устройства и работы наиболее распространенных современных электронных приборов, являющихся основной элементной базой электроники.

С помощью литературы, рекомендуемой для самостоятельной подготовки, нужно разобраться в принципах действия и режимах работы электронных приборов, знать их основные технические характеристики, параметры и назначение в электронной аппаратуре.

При изучении полупроводниковых приборов следует обратить особое внимание на физические процессы в области р-п-перехода, определяющие его свойства, используемые в полупроводниковых приборах. Нужно знать устройство и принципы работы полупроводниковых резисторов, диодов, транзисторов, тиристоров, их характеристики, параметры и схемы включения, иметь представление о том, что такое интегральные микросхемы.

Изучая электровакуумные и газоразрядные приборы, надо разобраться в устройстве и принципах работы электронно-лучевых трубок с электростатическим и магнитным управлением лучом, знать, где они могут применяться. В ионных приборах используются разные участки вольтамперной характеристики электрического разряда в газах. Следует обратить внимание на приборы тлеющего разряда, применяемые в качестве источников света. Нужно ознакомиться с их устройством, схемами включения и принципом действия.

Из элементов функциональной электроники следует знать основные виды диэлектрических, магнитных, электрохимических, оптоэлектронных, квантовых и оптических приборов, в чем заключается принцип их действия и для чего они применяются.

Литература

[1] с. 288-309, 396-404; [3] с. 4-19; [5] с. 295-360; [6] с. 12-90.

Вопросы для самопроверки

1. Чем отличаются полупроводниковые материалы от диэлектриков и проводников?
2. Как получаются примесные полупроводниковые материалы р и n типов?
3. Какими свойствами обладает р-n-переход?
4. Как работает биполярный транзистор в активном режиме? За счет чего происходит усиление мощности?
5. Какими характеристиками и параметрами описываются свойства биполярных транзисторов?
6. Как устроены полевые транзисторы с управляющим р-n-переходом и с изолированным затвором? В чем заключается принцип их работы?
7. Какими характеристиками и параметрами описываются полевые транзисторы?
8. Какие схемы включения транзисторов Вы знаете?
9. Что представляют собой тиристоры, как они работают и для чего применяются?
10. Какие Вы знаете оптоэлектронные приборы? Объясните, как они работают.
11. Что такое интегральная микросхема? Какие типы интегральных микросхем Вы знаете?
12. Как устроены и работают электронно-лучевые трубки с электростатическим и с магнитным управлением лучом?
13. Объясните принцип работы газоразрядных приборов? Для чего применяются приборы тлеющего разряда?
14. Какие Вы знаете диэлектрические, магнитоэлектрические и другие приборы функциональной электроники? Где они применяются?

Аналоговые электронные устройства

В разделе изучаются аналоговые электронные устройства, обеспечивающие генерацию и преобразование непрерывных сигналов. Основное место среди этих устройств занимают электронные усилители. Следует обратить внимание на технические параметры и характеристики усилительных устройств, классификацию усилителей по виду амплитудно-частотной характеристики. Необходимо также хорошо разобраться в принципах работы и назначении элементов схем усилительных каскадов на транзисторах и операционных усилителях.

При изучении автогенераторов гармонических колебаний нужно обратить внимание на условия самовозбуждения этих устройств и способы организации положительной обратной связи, разобраться в работе типовых схем LC и RC – генераторов, особенностях усилителей и автогенераторов сверхвысоких частот.

Существенное место в электронной технике занимают устройства преобразования спектра сигналов: модуляторы, детекторы, смесители, умножители частоты. Нужно знать общие принципы работы этих устройств и их типовые схемы.

Литература

[1] с. 335-360; [3] с. 47-53, 63-78; [5] с. 360-388; [6] с. 91-174; [7] с. 253-274.

Вопросы для самопроверки

1. Перечислите основные параметры и характеристики усилителя.
2. Из-за чего возникают линейные и нелинейные искажения в усилителях и чем они отличаются?
3. Приведите принципиальную электрическую схему аperiodического усилительного каскада на транзисторе и поясните ее назначение.
4. Что такое отрицательная обратная связь и для чего она применяется в усилительных устройствах?
5. Для чего применяется двухтактное усиление? Приведите схему двухтактного усилительного каскада на транзисторах без трансформатора и поясните, как он работает.
6. Какие усилители называются операционными? Чему равны коэффициенты передачи по напряжению инвертирующего и не инвертирующего каскадов на операционных усилителях?
7. Какие условия должны выполняться для самовозбуждения автогенератора? Чем отличаются режимы мягкого и жесткого самовозбуждения?
8. Приведите схемы LC и RC - автогенераторов синусоидальных колебаний и поясните принцип их работы.

9. На каких принципах основана работа усилителей и автогенераторов сверхвысоких частот?
10. В чем заключается процесс модуляции? Приведите схемы амплитудной и частотной модуляции и временные диаграммы амплитудно-модулированных и частотно-модулированных сигналов.
11. Как осуществляется демодуляция (детектирование) амплитудно-модулированных и частотно-модулированных сигналов? Приведите схемы детекторов и поясните их работу.

Дискретные и аналого-дискретные электронные устройства

В этом разделе изучаются дискретные и аналого-дискретные устройства электроники. Изучая импульсную технику нужно разобраться в классификации и параметрах импульсных сигналов, способах формирования импульсов, схемах электронных ключей, пороговых устройств и импульсных генераторов, ознакомиться с видами импульсной модуляции и принципами её реализации.

При изучении цифровой электроники следует ознакомиться с основными цифровыми устройствами: логическими элементами, триггерами, счетчиками, регистрами, шифраторами, мультиплексорами, электронными запоминающими устройствами, микропроцессорами. Нужно знать принципы их функционирования и назначение в электронной аппаратуре.

К аналого-дискретным устройствам относятся аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи. Надо разобраться в их устройстве и принципах работы.

В современной аппаратуре для цифровой обработки сигналов широко применяются цифровые частотные фильтры, реализуемые аппаратно-программными средствами. Нужно представлять себе общие принципы построения таких фильтров.

Литература

[1] с. 361-442; [3] с. 20-34, 79-87; [5] – с. 389-443; [6] – с. 175-220.

Вопросы для самопроверки

Какие виды импульсных сигналов Вы знаете? Перечислите их параметры.

1. Какие устройства называются электронными ключами? Поясните принцип работы транзисторного ключа.
2. Приведите схему триггера Шмитта и объясните, как она работает.
3. Какие виды импульсной модуляции вы знаете и как они реализуются?

4. Как детектируются сигналы с импульсной модуляцией?
5. Приведите схему мультивибратора и поясните принцип его действия.
6. Какие базовые логические элементы Вы знаете? Приведите для них таблицы истинности и логические выражения.
7. Какие типы триггеров Вы знаете? Чем они отличаются.
8. Как устроены счетчики импульсов?
9. Приведите схему регистра сдвига и поясните ее работу.
10. Какие функции выполняют шифраторы и дешифраторы?
11. Как работают мультиплексоры и демультимплексоры?
12. Какие виды электронных запоминающих устройств Вы знаете, и чем они отличаются?
13. Как устроен и работает микропроцессор?
14. Как осуществляются цифро-аналоговое и аналого-цифровое преобразования? Приведите примеры схем и поясните их работу.
15. Что собой представляет цифровой фильтр? Приведите пример схемы.

Электротехнические устройства и элементы автоматики

К этим устройствам относятся сетевые трансформаторы, электрические машины и автоматы, электроприводы, источники электропитания, коммутационные устройства, измерительные преобразователи. Нужно разобраться в принципах действия этих устройств, знать схемы их включения, основные технические характеристики и параметры. Следует также обратить внимание на вопросы применения и роль перечисленных устройств в электротехнике и электронной аппаратуре.

Литература

[1] с. 175-287, ; [2] с. 383-527; [3] с. 35-46; [4] с.11-14, 44-45; [5] с. 176-294; [6] 224-272; [7] с. 312-321, 339-359.

Вопросы для самопроверки

1. Как устроен электромагнитный трансформатор и для чего применяется? Что такое коэффициент трансформации? .
2. Поясните принцип действия электромашинных генераторов и электродвигателей постоянного и переменного тока.
3. Как устроены сельсины и для чего они применяются?
4. Какую роль играют в выпрямительных устройствах вентили? Чем отличаются однополупериодное и двухполупериодное выпрямление?
5. Для чего в выпрямительных устройствах используются сглаживающие фильтры? Как они работают?
6. Приведите схемы и поясните принцип действия параметрического и компенсационного стабилизаторов выпрямленного напряжения.

7. Какими техническими параметрами характеризуются выпрямительные устройства?
8. Как работают выпрямители с двойным преобразованием и импульсные выпрямительные устройства?
9. Какие функции реализуют инверторы и конверторы и как они устроены?
10. Как устроено и работает электромагнитное реле?
11. Перечислите основные виды первичных измерительных преобразователей не электрических величин в электрические.

Электронные системы

Цель этого раздела - ознакомление с электронными системами, предназначенными для решения различных хозяйственных и научных задач, изучение их структурных схем и общих принципов функционирования.

Основное внимание следует уделить системам передачи информации. Необходимо знать какие типы сигналов используются для передачи данных, что такое модуляция, когда применяются различные виды непрерывной и импульсной модуляции. Важно также представлять себе, как влияют помехи на работу систем передачи информации и методы повышения их помехоустойчивости. Изучая системы связи, следует разобраться в особенностях электропроводных, оптических и радиотехнических линий связи, влиянии атмосферы Земли на распространение радиоволн.

При изучении материалов по радиолокационным и радионавигационным системам, системам автоматического регулирования и управления, вычислительным и информационно - измерительным системам промышленной электроники и гидрометеорологии надо уяснить себе их назначение и разобраться в принципах функционирования.

Литература

[6] с. 293-309; [7] с. 68-81; 275-291; с. 348-36

Вопросы для самопроверки

1. Приведите блок-схему канала радиосвязи и поясните назначение входящих в нее устройств.
2. Какие виды модуляции применяются для передачи информации по каналам связи?

3. Что представляют собой электропроводные, оптоволоконные и радиотехнические линии связи? Назовите их особенности и области применения.
4. Какие задачи решают радиолокационные и радионавигационные системы?
5. В чем заключается принцип автоматического регулирования?
6. Приведите структурную схему вычислительной системы и поясните принцип ее работы.
7. Что представляет собой информационно-измерительная система?

ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Исследование линейных формирующих электрических цепей.
Исследование переходных процессов в линейных электрических цепях.
Исследование полупроводниковых приборов.
Исследование усилительных каскадов на транзисторах.
Исследование операционного усилителя.
Исследование генераторов синусоидальных колебаний.
Исследование генераторов импульсных сигналов.
Исследование логических элементов.
Исследование интегральных триггеров.
Исследование электронных счетчиков импульсов.
Исследование числовых регистров.
Исследование выпрямителей и стабилизаторов.
Исследование микропроцессорной системы.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Порядок выполнения и оформления контрольной работы

Контрольная работа выполняется по одному из десяти вариантов, каждый из которых включает в себя девять задач и шесть теоретических заданий. Номер варианта определяется по табл. 1.

Для того, чтобы узнать номер варианта, нужно найти в таблице первую букву своей фамилии. Расположенное над ней число и есть номер варианта всех задач и заданий контрольной работы, который следует выполнять. Например, вариант 1 выполняется студентами, фамилии которых начинаются с букв А, Е, Л, вариант 2 – студентами, фамилии которых начинаются с букв Б, Ж, М и т. д.

Рисунки к задачам приведены на странице 21. Литература к задачам и заданиям указана в их тексте.

Таблица 1

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Первая буква фамилии	А	Б	В	Г	Д	Р	С	Т	У	Ф
	Е	Ж	З	И	К	Х	Ц	Ч	Ш	Щ
	Л	М	Н	О	П	Э	Ю	Я	Ы	Й

Контрольная работа оформляется в отдельной тетради, на каждой странице которой необходимо оставлять поля шириной не менее 3 см для замечаний преподавателя.

Перед решением задачи должны приводиться ее условие и исходные данные. Необходимо также приводить принципиальные схемы электрических цепей и электронных устройств, содержащиеся в условиях задач. Все расчетные соотношения следует сначала записывать в общем виде и только после этого подставлять в них значения величин. Точность результатов вычислений достаточно ограничить тремя значащими цифрами. Конечные результаты задач должны выделяться в общем тексте решения, например, подчеркиванием, и приводиться в ответе. Для исходных данных и результатов вычислений следует указывать единицы измерения.

При оформлении материалов теоретических заданий необходимо приводить условие задания. Ответы на вопросы заданий должны быть краткими и конкретными.

Электрические схемы, приводимые в тексте контрольной работы, должны выполняться аккуратно, с соблюдением установленных ГОСТом условных обозначений.

ЗАДАЧИ И ЗАДАНИЯ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ

Задача 1

Мостовая измерительная схема, приведенная на рис. 1, состоит из резисторов с постоянными сопротивлениями R и чувствительных элементов, сопротивления которых равны $R+\Delta R$ или $R-\Delta R$, где ΔR – приращение сопротивления, вызываемое изменением измеряемой величины. На зажимы питания моста подается постоянное напряжение.

Вывести зависимость напряжения U_x на зажимах измерительной диагонали моста от отношения $\Delta R/R$ для условий, указанных в таблице

вариантов задачи. Построить график функции $U_x (\Delta R/R)$ при изменении отношения $\Delta R/R$ от 0 до 1.

Таблица вариантов задачи 1.

Исход- ные данные	В а р и а н т ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R_1	$R+\Delta R$	$R+\Delta R$	R	$R+\Delta R$	R	$R+\Delta R$	$R-\Delta R$	$R-\Delta R$	R	R
R_2	R	$R-\Delta R$	R	R	R	$R-\Delta R$	R	$R+\Delta R$	$R-\Delta R$	$R+\Delta R$
R_3	R	R	$R+\Delta R$	R	$R-\Delta R$	$R-\Delta R$	R	$R+\Delta R$	$R-\Delta R$	$R+\Delta R$
R_4	R	R	R	$R+\Delta R$	$R+\Delta R$	$R+\Delta R$	$R-\Delta R$	$R-\Delta R$	R	R

Пояснения

Выходное напряжение моста равно разности падений напряжения на резисторах R_1 и R_3

$$U_x = U_1 - U_3 = \frac{U_0}{R_1 + R_2} R_1 - \frac{U_0}{R_3 + R_4} R_3$$

Чтобы получить искомую зависимость, надо подставить в это выражение значения сопротивлений из таблицы вариантов задачи и произвести преобразования, необходимые для его упрощения.

Литература

[7] с. 25-26.

Задача 2

На вход линейной электрической цепи (рис.2) подается переменное напряжение $u = 10\sin(2\pi 10^4 t + \pi/3)$. В таблице вариантов задачи заданы параметры элементов цепи.

Преобразуя цепь, вычислить комплексные амплитуды токов в ветвях и падений напряжения на элементах. Комплексные амплитуды всех токов и напряжений должны быть представлены в алгебраической и показательной форме. Составить систему уравнений Кирхгофа и, подставив в них найденные комплексные амплитуды токов и напряжений, проверить правильность полученных результатов. Вычислить полную, активную и реактивную мощности цепи и коэффициент мощности. В дальнейшем комплексные величины отмечаются подчеркиванием. Отсутствие подчеркивания означает

модуль комплексной величины. Сопряженная комплексная величина отмечается подчеркиванием и звездочкой справа от ее обозначения.

Таблица вариантов задачи 2

Исходные данные	В а р и а н т ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R₁ Ом	4	7	6	5	3	4	2	8	5	7
R₂ Ом	15	14	17	15	9	12	8	18	14	11
L мГн	1,5	0,9	0,25	0,8	0,2	0,6	0,3	0,7	0,4	1,0
C мкФ	0,8	1,0	1,25	1,5	1,0	0,3	1,1	1,3	0,5	1,4

Пояснения

Для определения токов в ветвях цепи нужно сначала привести цепь к одноконтурной, объединяя сопротивления элементов. Обозначим сопротивления элементов в комплексной форме:

$$\underline{Z}_1 = R_1; \underline{Z}_2 = -jX_c = -j/2\pi fc; \underline{Z}_3 = R_2; \underline{Z}_4 = jX_L = j2\pi fL.$$

f — заданная частота входного напряжения. Сопротивления \underline{Z}_3 и \underline{Z}_4 включены последовательно, поэтому их общее сопротивление $\underline{Z}_{34} = \underline{Z}_3 + \underline{Z}_4$. Сопротивления \underline{Z}_2 и \underline{Z}_{34} параллельны, следовательно, их общее сопротивление $\underline{Z}_{234} = \underline{Z}_2 \underline{Z}_{34} / (\underline{Z}_2 + \underline{Z}_{34})$. Полное сопротивление цепи $\underline{Z}_0 = \underline{Z}_1 + \underline{Z}_{234}$. По закону Ома $\underline{I}_{m1} = \underline{U}_m / \underline{Z}_0$, где \underline{U}_m и \underline{I}_{m1} — соответственно комплексные амплитуды входного напряжения и входного тока. Определив падение напряжения на разветвленном участке $\underline{U}_{m23} = \underline{I}_{m1} \underline{Z}_{234}$, можно найти токи в ветвях $\underline{I}_{m2} = \underline{U}_{m234} / \underline{Z}_2$, $\underline{I}_{m3} = \underline{U}_{m234} / \underline{Z}_{34}$. Падение напряжения на отдельных элементах определяется по закону Ома.

Система уравнений Кирхгофа для проверки решения должна содержать три уравнения (по числу ветвей цепи): одно по первому закону (число узлов минус единица) и два по второму.

$$\text{Полная мощность цепи равна } \underline{S} = \underline{U}_m \underline{I}_{m1}^* / 2 = S \cdot e^{j\varphi} = P + jQ,$$

где \underline{I}_{m1}^* — комплексно-сопряженная амплитуда тока \underline{I}_{m1} ; P (Вт) — активная мощность; Q (вар) — реактивная мощность; S (В·А) — полная мощность ($S = \sqrt{P^2 + Q^2}$).

Коэффициентом мощности называется величина $\cos \varphi = P/S$.

Литература

[1] с. 67-78; [2] с. 152-169; [4] с. 20-36; [5] с. 39-58; [7] с. 27-44.

Задача 3

На последовательный колебательный контур (рис.3) подается напряжение синусоидальной формы.

Вычислить неизвестные значения величин, помеченные в таблице вариантов задачи знаком вопроса, по заданным значениям других величин. Прочерками отмечены величины, которые не учитываются при решении задачи.

Таблица вариантов задачи 3

Исходные данные	В а р и а н т ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L мкГн	150	-	-	70	40	?	?	120	20	?
C пФ	-	-	200	80	?	90	?	?	15	?
R Ом	3	1	?	8	6	?	4	2	?	?
f₀ МГц	?	1,5	2,5	?	-	?	2	?	?	1
f МГц	-	2	-	?	1,5	?	-	?	?	2
U_{L0} U_{C0} В	?	-	?	?	?	-	?	-	?	?
ρ Ом	450	?	?	?	400	?	?	600	?	500
Q	?	120	?	?	?	100	80	?	150	120
Δf кГц	?	-	15	?	?	8	?	?	?	?
U В	12	7	?	10	?	-	14	-	?	20
U_C В	-	?	-	4	-	?	-	25	8	?
U_L В	-	?	-	15	-	4	-	?	4	?
I₀ А	?	?	1,4	?	?	-	-	-	0.2	?
I мА	-	?	-	-	10	5	-	50	-	?

Пояснения

В графе «Исходные данные» перечислены:

Сопротивление резистора – R; индуктивность катушки – L; емкость конденсатора – C; резонансная частота контура – $f_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC})$; амплитуда напряжения, подаваемого на контур – U и его частота f; характеристическое сопротивление контура – $\rho = \sqrt{L/C}$; добротность контура – $Q = \rho/R$; полоса пропускания контура – $\Delta f = f_0/Q$; ток в контуре при резонансе – $I_0 = U/R$; – напряжения на катушке индуктивности и на конденсаторе при резонансе – $U_{L0} = U_{C0} = I_0\rho = U\rho/R = UQ$; ток в контуре на частоте $f \neq f_0$, $I = U/Z = \frac{I_0}{\sqrt{1+\xi^2}}$, где $Z = R\sqrt{1+\xi^2}$ – сопротивление контура на частоте f; $\xi = \frac{X_L - X_C}{R}$ –

обобщенная расстройка; $X_L = 2\pi fL = \rho f/f_0$ и $X_C = 1/(2\pi fC) = \rho f_0/f$ – индуктивное и емкостное сопротивления); $U_L = IX_L$, $U_C = IX_C$ – напряжения на катушке индуктивности и на конденсаторе на частоте f , $U_L/U_C = f^2/f_0^2$.

Литература

[1] с. 79-82; [2] с. 182-189; [4] с. 65-67; [5] с. 58-61; [7] с. 82-90.

Задача 4

Найти неизвестные значения величин, указанных знаком вопроса в таблице вариантов задачи для параллельного колебательного контура, приведенного на рис. 4, по заданным значениям других. Прочерками отмечены величины, не используемые при решении задачи.

Таблица вариантов задачи 4

Исходные данные	В а р и а н т ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R Ом	3	?	?	?	?	3	5	?	6	?
L мкГн	80	?	?	120	-	250	?	-	150	-
C пФ	150	?	200	300	-	?	?	-	?	-
f₀ МГц	?	3	?	?	3	?	2,5	?	?	2
I мА	1,5	2	?	?	?	2,5	-	3	?	?
f МГц	-	5	-	2.5	2	-	4	?	-	7
ρ Ом	?	300	800	?	700	?	?	600	?	?
Q	?	150	?	120	?	90	?	100	?	80
Δf кГц	?	-	50	-	?	?	?	50	?	?
Z₀ кОм	?	?	?	?	30	?	40	?	70	?
I_{L0} I_{C0} мА	?	-	240	-	?	?	-	-	?	100
U₀ В	?	-	?	50	40	?	-	?	-	120
Z кОм	-	?	-	?	-	-	?	?	4	?
U В	-	?	-	4	?	-	-	7	8	?

Пояснения

ρ – характеристическое сопротивление контура, добротность Q , резонансная частота f_0 , полоса пропускания Δf , определяются для параллельного контура так же, как и для последовательного (см. пояснения к задаче 3). Кроме них графа “Исходные данные” содержит: амплитуду тока I , питающего контур; частоту f этого тока; сопротивление контура при резонансе $Z_0 = L/CR = \rho^2/R$; амплитуды токов в ветвях катушки индуктивности и конденсатора при резонансе $I_{L0} = I_{C0} \approx IQ$; амплитуду падения напряжения на контуре при резонансе

$U_0 = IZ_0$; сопротивление контура на частоте f : $Z = Z_0/\sqrt{1+\xi^2}$ (ξ , X_L , X_C определяются так же, как и в последовательном контуре); амплитуда напряжения на контуре при частоте f : $U = U_0/\sqrt{1+\xi^2}$.

Литература

[1] с. 82-85; [2] с. 189-195; [4] с. 67-69; [5] с. 64-66; [7] с. 90-93

Задача 5

На рис. 5 приведены две схемы линейных четырехполюсников, нагруженных на активное сопротивление $Z_H = 700$ Ом. Напряжение входного синусоидального сигнала $\underline{U}_1 = U_1 = 5$ В. Частота входного сигнала $f = 0,8$ МГц. В таблице вариантов задачи заданы вариант схемы и комплексные сопротивления элементов Z_1, Z_2 .

Вычислить: комплексный коэффициент передачи напряжения \underline{K} , его модуль K и фазовый сдвиг $-\varphi$; входное сопротивление четырехполюсника $Z_{вх}$; значения входного тока I_1 , тока нагрузки I_2 и напряжения U_2 на нагрузочном сопротивлении Z_H ; параметры элементов четырехполюсника – сопротивление R , индуктивность L , емкость C .

Таблица вариантов задачи 5

Исходные данные	В а р и а н т ы				
	1	2	3	4	5
Схема	а				
Z_1 Ом	-j40	-j200	150	j800	100
Z_2 Ом	300	j1500	j120	-j2000	-j1200
Исходные данные	В а р и а н т ы				
	6	7	8	9	10
Схема	б				
Z_1 Ом	400	-j1000	400	j700	-j200
Z_2 Ом	j600	1500	-j1000	200	j150

Пояснения

Параметры элементов четырехполюсника:

$$Z_R = R; Z_C = -jX_C = -j/2\pi fC; Z_L = jX_L = j2\pi fL.$$

Остальные искомые величины определяются через A – параметры четырехполюсника.

Для схемы 5а: $\underline{A}_{11} = 1 + Z_1/Z_2$; $\underline{A}_{12} = Z_1$; $\underline{A}_{21} = 1/Z_2$; $\underline{A}_{22} = 1$.

Для схемы 5б: $\underline{A}_{11} = 1$; $\underline{A}_{12} = Z_2$; $\underline{A}_{21} = 1/Z_1$; $\underline{A}_{22} = 1 + Z_2/Z_1$.

Комплексный коэффициент передачи четырехполюсника по напряжению $\underline{K} = \underline{U}_2/\underline{U}_1 = \underline{Z}_H/(\underline{A}_{11}\underline{Z}_H + \underline{A}_{12}) = Ke^{j\varphi}$, где K – модуль коэффициента передачи, фазовый сдвиг $-\varphi$.

Входное сопротивление четырехполюсника

$$\underline{Z}_{вх} = \underline{U}_1/\underline{I}_1 = (\underline{A}_{11}\underline{Z}_2 + \underline{A}_{12}) / (\underline{A}_{21}\underline{Z}_2 + \underline{A}_{22}).$$

Входной ток $\underline{I}_1 = \underline{U}_1/\underline{Z}_{вх}$. Напряжение на нагрузке $\underline{U}_2 = \underline{U}_1\underline{K}$. Ток в нагрузке $\underline{I}_2 = \underline{U}_2/\underline{Z}_H$. Значения I_1, U_2, I_2 равны модулям соответствующих комплексных чисел.

Литература

[2] с. 195-204 [5] с. 68-75; [7] с. 55-58.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ

Задание 1

Опишите устройство и принцип работы электронного прибора, указанного в таблице вариантов задания. Приведите его стандартное условное обозначение, технические характеристики и параметры.

Таблица вариантов задания 1

Номер варианта	Тип электронного прибора
1	Выпрямительный диод
2	Полупроводниковый стабилитрон
3	Варикап
4	Туннельный диод
5	Фотодиод
6	Светодиод
7	Тиристор
8	Биполярный транзистор
9	Полевой транзистор с управляющим р–п-переходом
10	Полевой транзистор с изолированным затвором

Литература

[1] с. 288-309; [3] с. 4-19 [7] с. 159-181; [5] с. 310-351; [6] с. 21-41.

АНАЛОГОВЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА

Задача 6

Электронный усилитель, состоящий из трех каскадов с коэффициентами усиления напряжения K_1 , K_2 , K_3 , охвачен цепью отрицательной обратной связи с коэффициентом передачи β (рис.6). Напряжение входного сигнала U_1 . Напряжение сигнала на выходе усилителя U_2 .

Найти значения неизвестных величин, отмеченных знаком вопроса в таблице вариантов задачи.

Таблица вариантов задачи 6

Исходные данные	В а р и а н т ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K_1 дБ	30	25	10	20	?	25	15	20	25	30
K_2 дБ	50	20	25	15	15	10	30	25	?	30
K_3 дБ	?	15	20	10	30	15	10	10	10	20
U_1 мВ	12	8	100	?	80	40	30	?	25	60
U_2 В	4	?	2	5	4	?	6	8	4	3
β	0,002	0,003	?	0,015	0,006	0,004	?	0,001	0,004	?

Пояснения

Суммарный коэффициент усиления трехкаскадного усилителя при разомкнутой цепи обратной связи $K = K_1 K_2 K_3$ или в децибелах

$$K_{\text{дБ}} = K_{1\text{дБ}} + K_{2\text{дБ}} + K_{3\text{дБ}},$$

где $K_{i\text{дБ}} = 20 \lg K_i$.

Коэффициент усиления усилителя с отрицательной обратной связью

$$K_{\text{ос}} = U_2 / U_1 = K / (1 + \beta K).$$

Литература

[1] с. 351-354; [5] с. 366-369; [6] с.118-122; [7] с. 225-226.

Задание 2

Привести принципиальную электрическую схему усилительного каскада, тип которого указан в таблице вариантов задания. Пояснить назначение элементов схемы, принцип работы и назначение усилителя.

Таблица вариантов задания 3

Номер Варианта	Тип усилителя
1	Апериодический (резисторный) усилительный каскад на биполярном транзисторе по схеме с общим эмиттером
2	Резонансный усилитель на транзисторе по схеме с общим Эмиттером
3	Апериодический (резисторный) усилитель на полевом транзисторе по схеме с общим истоком
4	Дифференциальный усилительный каскад на транзисторах
5	Резонансный усилитель на полевом транзисторе по схеме с общим истоком
6	Каскад с параллельной обратной связью по напряжению на операционном усилителе
7	Каскад на операционном усилителе с полосовым RC-фильтром в цепи обратной связи
8	Интегратор на операционном усилителе
9	Двухтактный усилительный каскад на транзисторах без трансформатора
10	Дифференциатор на операционном усилителе

Литература

[1] с. 335-360; [3] с. 47-53, 63-78; [5] с. 369-379, 385-387; [6] с. 94-152; [7] с. 206-207, 237.

Задание 3

Привести принципиальную электрическую схему автогенератора гармонических колебаний, тип которого указан в таблице вариантов задания. Описать назначение элементов схемы и принцип ее работы.

Таблица вариантов задания 4

Номер варианта	Тип автогенератора гармонических колебаний
1	LC-автогенератор на биполярном транзисторе с индуктивной обратной связью и последовательным питанием
2	LC-автогенератор на полевом транзисторе с индуктивной обратной связью и параллельным питанием
3	LC-автогенератор на полевом транзисторе с автотрансформаторной обратной связью и параллельным питанием
4	LC-автогенератор на полевом транзисторе с емкостной обратной связью и параллельным питанием
5	LC-автогенератор на туннельном диоде

6	RC-автогенератор на транзисторах с фазосдвигающей Г-образной цепью обратной связи
7	RC-автогенератор с мостом Вина на операционном усилителе
8	RC-автогенератор с двойным Т-мостом на операционном усилителе
9	LC-автогенератор на операционном усилителе
10	Автогенератор с кварцевой стабилизацией частоты на транзисторе

Литература

[6] с. 157-174; [7] с. 247-249

ДИСКРЕТНЫЕ И АНАЛОГО-ДИСКРЕТНЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА

Задача 7

В таблице вариантов задачи даны логические функции $Y (X_1, X_2)$.

Приведите схему, реализующую заданную функцию и таблицу состояний (таблицу истинности) этой схемы.

Таблица вариантов задачи 7

Исходные данные	В а р и а н т ы				
	1	2	3	4	5
Y	$\bar{X}_1 \cdot X_2$	$\overline{\bar{X}_1 \cdot \bar{X}_2}$	$\bar{X}_1 + X_2$	$\overline{X_1 \cdot \bar{X}_2}$	$\overline{X_1 + X_2}$
Исходные данные	В а р и а н т ы				
	6	7	8	9	10
Y	$\overline{X_1 + X_2}$	$\overline{\bar{X}_1 + \bar{X}_2}$	$\bar{X}_1 + \bar{X}_2$	$X_1 \cdot \bar{X}_2$	$X_1 + \bar{X}_2$

Пояснения

Схема может состоять из одного или нескольких логических элементов с использованием стандартных условных обозначений

логических функций отрицания, сложения и умножения. Таблицей истинности логической схемы называется таблица ее состояний, в которой приводятся все возможные комбинации двоичных сигналов 0 и 1 на входах X_1 , X_2 схемы и соответствующие им двоичные состояния выхода Y .

Литература

[1] с. 381-383; [3] с. 20-24; [5] с. 420-422; [6] с.185-186.

Задание 4

Привести принципиальную электрическую схему импульсного устройства, тип которого указан в таблице вариантов задания. Пояснить назначение элементов схемы и принцип работы устройства.

Таблица вариантов задания 5

Номер варианта	Тип импульсного устройства
1	Триггер Шмитта на операционном усилителе
2	Симметричный мультивибратор на транзисторах с коллекторно-базовыми связями
3	Мультивибратор на операционном усилителе с использованием триггера Шмитта
4	Одновибратор (ждуший мультивибратор) на операционном усилителе
5	Мультивибратор на логических элементах НЕ
6	Генератор линейно изменяющегося (пилообразного) напряжения на транзисторе
7	Генератор линейно изменяющегося (пилообразного) напряжения на операционном усилителе
8	Блокинг-генератор на транзисторе
9	Ждуший мультивибратор на транзисторах с коллекторно-базовыми связями
10	Ждуший мультивибратор на логических элементах ИЛИ-НЕ

Литература

[1] с. 369-372; [5] с. 407-413; [6] с. 202-211.

Задание 5

Привести электрическую схему устройства, тип которого указан в таблице вариантов задания, пояснить его назначение и принцип работы.

Таблица вариантов задания 6

Номер варианта	Тип устройства
1	Асинхронный RS-триггер на логических элементах И-НЕ и ИЛИ-НЕ
2	D-триггер на элементах И-НЕ
3	Двухступенчатый T-триггер (MS)
4	JK-триггер и триггеры T и D на его основе
5	Двоичный счетчик импульсов и декадный счётчик на его основе
6	Аналого-цифровой преобразователь поразрядного уравнивания
7	Сдвигающий регистр с последовательным вводом информации
8	Шифратор, дешифратор
9	Мультиплексор, демультиплексор
10	Цифро-аналоговый преобразователь с матрицей R-2R

Литература

[1] с. 3833-390, 394-405, 410-414; [5] с. 431-440; [6] с. 191-202.

**ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА И ЭЛЕМЕНТЫ
АВТОМАТИКИ**

Задание 6

Приведите электрическую схему и опишите принцип работы устройства, указанного в таблице вариантов задания. Перечислите его основные характеристики и параметры.

Таблица вариантов задания 2

Номер варианта	Тип устройства
1	Однополупериодный выпрямитель
2	Двухполупериодный выпрямитель
3	Трёхфазный электромашинный генератор
4	П-образные сглаживающие LC- и RC-фильтры
5	Параметрический стабилизатор постоянного напряжения
6	Компенсационный стабилизатор постоянного напряжения
7	Трёхфазный асинхронный электродвигатель
8	Электромагнитное реле
9	Электродвигатель постоянного тока
10	Сельсин

Литература

[1] с. 195-201, 213-224, 230-236, 260-264, 313-334; [2] 430-433, 460-461, 491-500; [6] с. 225-272; [7] с. 312-320, 353-357

ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ

Задача 8

Несущее колебание $U_{mo}\sin 2\pi f_0 t$ промодулировано по амплитуде одним тоном низкой частоты $U_{mn} \sin 2\pi Ft$. Вычислить значения величин, отмеченных в таблице вариантов задачи знаком вопроса по заданным исходным данным. Написать математическое выражение амплитудно-модулированного колебания с учетом исходных данных и результатов расчета и построить его спектр.

Таблица вариантов задачи 8

Исходные данные	В а р и а н т ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U_{max} В	12	?	14	?	?	10	?	?	?	15
U_{min} В	4	?	?	12	?	?	10	?	8	?
U_{mo} В	?	10	?	?	12	?	15	?	?	10
f_0 МГц	10	100	1	0,1	100	1	0,1	10	100	1
F кГц	10	50	1	5	1000	5	0,1	100	10	10
U_{mn} В	?	?	8	?	6	?	?	4	8	?
m	?	0,5	?	0,4	?	0,25	?	0,5	?	?

Пояснения

Амплитудно-модулированное колебание имеет вид

$$u_{AM} = U_{mo}\cos\omega_0 t + 0,5mU_{mo}\cos(\omega_0 - \Omega)t + 0,5mU_{mo}\cos(\omega_0 + \Omega)t ,$$

где $\omega_0 = 2 \pi f_0$ — частота несущего колебания; $\Omega = 2 \pi F$ — частота модулирующего колебания; $m = U_{mn}/U_{mo}$ — коэффициент модуляции; U_{mo} — амплитуда несущего колебания; U_{mn} — амплитуда модулирующего колебания.

Максимальное и минимальное значения амплитудно-модулированного колебания:

$$U_{max} = U_{mo} + U_{mn} = U_{mo}(1 + m) ;$$

$$U_{min} = U_{mo} - U_{mn} = U_{mo}(1 - m) ,$$

Соответственно

$$U_{max}/U_{min} = (1 + m)/(1 - m) ;$$

$$m = (U_{max} - U_{min})/(U_{max} + U_{min});$$

$$U_{mo} = (U_{max} + U_{min})/2.$$

Вид частотного спектра амплитудно-модулированного колебания показан на рис. 7.

Литература

[7] с. 73-75.

Задача 9

Импульсная радиолокационная станция измеряет полярные координаты объекта в пространстве.

Определите величины, отмеченные в таблице вариантов задачи знаком вопроса.

Таблица вариантов задачи 9

Исходные данные	В а р и а н т ы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
f кГц	?	1	?	?	1	?	?	2	?	?
T мкс	?	?	500	?	?	800	?	?	1000	?
D_m км	?	?	?	150	?	?	75	?	?	180
t₀ мкс	600	?	?	300	?	400	?	150	?	90
D км	?	50	?	?	75	?	45	?	60	?
τ мкс	1	?	?	0,5	?	1	?	?	?	1
Q	1000	?	500	?	?	?	1000	500	?	?
ΔD м	?	150	?	?	120	?	?	?	120	?
ε рад	?	0,01	0,01	0,02	?	0,01	?	0,01	0,02	?
h м	1000	?	600	?	1500	?	600	?	?	1000

Пояснения

В перечень исходных данных таблицы вариантов задачи входят: частота f зондирующих импульсов, излучаемых станцией, период $T = 1/f$ следования зондирующих импульсов; максимальная измеряемая дальность $D_m = cT/2$ ($c = 3 \cdot 10^8$ м/с — скорость света в вакууме); дальность D до объекта; время $t_0 = 2D/c$ от момента излучения зондирующего импульса до получения импульса, отраженного от объекта; длительность τ зондирующего импульса; скважность зондирующих импульсов $Q = T/\tau$; разрешающая способность по дальности $\Delta D = 0,5c\tau$; угол места ε ; высота объекта $h = D \sin \varepsilon$.

Литература

[7] с. 359-363.

РИСУНКИ К ЗАДАЧАМ

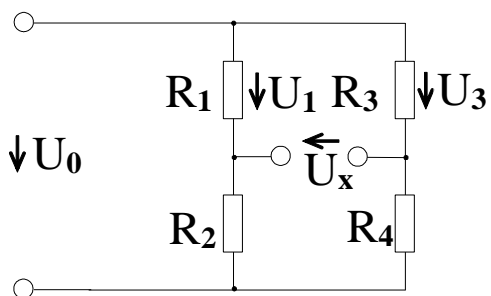


Рис. 1

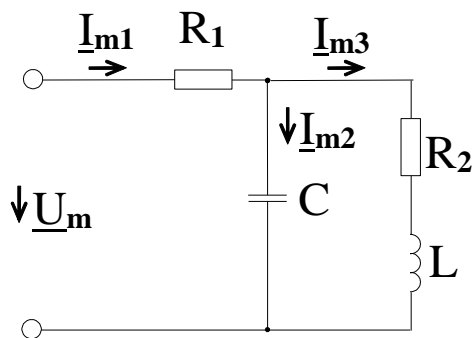


Рис. 2

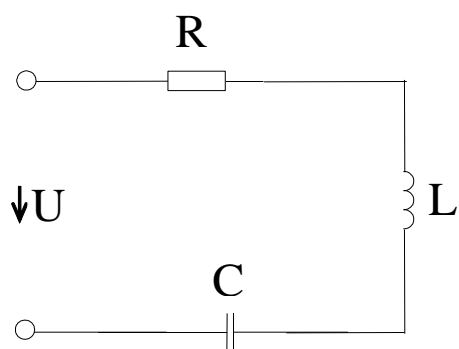


Рис. 3

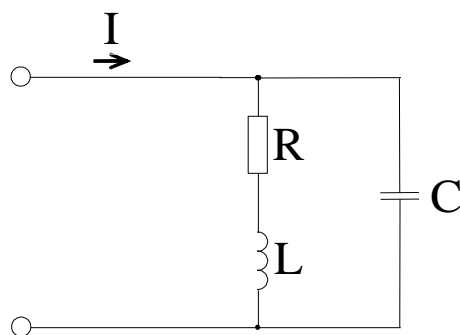
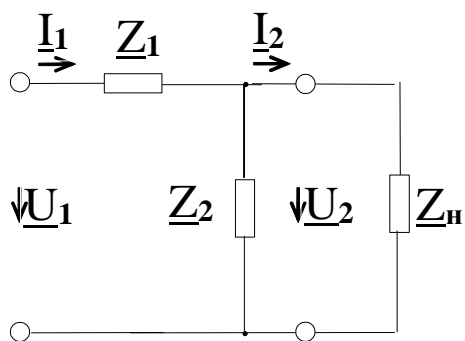
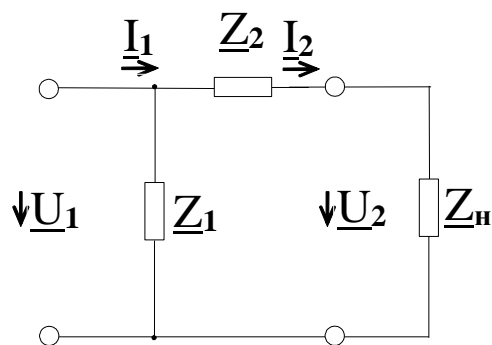


Рис. 4



а)



б)

Рис. 5

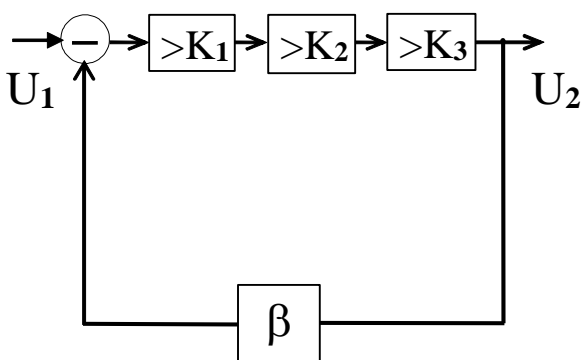


Рис. 6

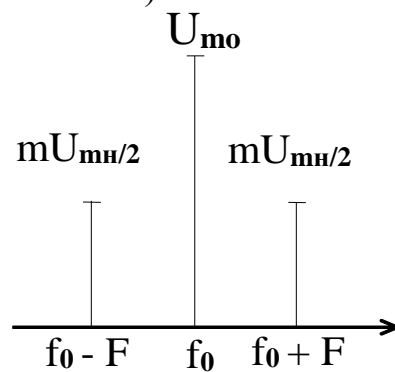


Рис. 7

СОДЕРЖАНИЕ

Общие указания.....	3
Указания по разделам	4
Перечень лабораторных работ	11
Контрольная работа	12
Рисунки к задачам.....	27

Учебное издание

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по дисциплине
«ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА»

Владимир Алексеевич Большаков,
Татьяна Викторовна Векшина
Екатерина Михайловна Коринец

Подписано в печать Формат 60×90¹/₁₆.
Гарнитура Times New Roman
Печать цифровая. Усл.печ.л. Тираж экз. Заказ №
РГГМУ, 195196, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 98.
