



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Практикум по теоретическим основам электротехники

Кафедра инженерной физики

Образовательная программа

по направлению

110304 Электроника и нанoeлектроника

Профиль подготовки

Микроэлектроника и твердотельная электроника

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Форма обучения

очная


Статус дисциплины: **вариативная**

Махачкала, 2018

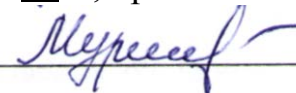
Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04- Электроника и нанoeлектроника, профиль подготовки: Микроэлектроника и твердотельная электроника (уровень: бакалавриата) – Приказ Минобрнауки России от 12.03.2015 № 218.


Разработчик: кафедра инженерной физики,
Нурмагомедов Шамиль Абдулаевич, к.ф.-м.н., доцент

Рабочая программа дисциплины одобрена:
на заседании кафедры Инженерная физика от « 25 » 06 2018 г., протокол № 1а

Зав. кафедрой  Садыков С.А.

на заседании Методической комиссии физического факультета от « 29 »
06 2018 г., протокол № 11.

Председатель  Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением « 02 » 07 2018 г. 

(подпись)

Оглавление

| | |
|--|----|
| Аннотация рабочей программы дисциплины | 4 |
| 1. Цели освоения дисциплины | 5 |
| 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата..... | 5 |
| 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения) | 5 |
| 4. Объем, структура и содержание дисциплины. | 6 |
| 4.1. Объем дисциплины..... | 6 |
| 4.2. Структура дисциплины. | 6 |
| 4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам). | 7 |
| 5. Образовательные технологии..... | 8 |
| 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов..... | 9 |
| 7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины. | 10 |
| 7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. | 10 |
| 7.2. Типовые контрольные задания..... | 11 |
| 7.3. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций..... | 30 |
| 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины. | 31 |
| 9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины. | 32 |
| 10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины..... | 33 |
| 10.1. Методические указания студентам..... | 33 |
| 10.2. Методические рекомендации для преподавателя | 35 |
| 11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем. | 36 |
| 12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине. | 36 |

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина **Практикум по теоретическим основам электротехники** входит в *вариативную (обязательные дисциплины)* часть образовательной программы *бакалавриата* по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой экспериментальной физики.

Содержание дисциплины представляет собой цикл лабораторных работ, связанных с изучением методов и приемов расчета электрических цепей и электромагнитных полей и умением применять эти знания для решения практических задач по электротехнике.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: общепрофессиональных – ОПК-3, ОПК-5, профессиональных – ПК-5.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: *практические занятия, лабораторные занятия, самостоятельная работа.*

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме *контрольной работы*) и промежуточный контроль в форме *сдачи итогового отчета по выполненным лабораторным работам.*

Объем дисциплины 2 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

| Семестр | Учебные занятия | | | | | | | СРС, в том числе экзамен | Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен) |
|---------|--|-------|----------------------|----------------------|-----|--------------|----|--------------------------|---|
| | в том числе | | | | | | | | |
| | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | | | | | | |
| | Всего | Всего | из них | | | | | | |
| Лекции | | | Лабораторные занятия | Практические занятия | КСР | консультации | | | |
| 3 | 50 | 22 | - | 50 | - | | 22 | зачет | |

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины *Практикум по теоретическим основам электротехники* является формирование знаний о законах и методах расчета электрических цепей и электромагнитных полей электротехнических устройств и электроэнергетических систем, умений расчета и анализа параметров токов и напряжений в установившихся и переходных режимах линейных и нелинейных схем замещения электрических цепей.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина *Практикум по теоретическим основам электротехники* входит в вариативную (обязательные дисциплины) часть образовательной программы бакалавриата по направлению *11.03.04 Электроника и нанoeлектроника*.

Изучение данной дисциплины основано на курсах: высшая математика, общая физика (электричество), теоретическая физика (электродинамика), информатика.

Знания в области ТОЭ определяют уровень подготовки инженера в дисциплинах «Электроника», «Схемотехника», "Системы автоматического управления".

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).

| Компетенции | Формулировка компетенции из ФГОС ВО | Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) |
|--------------|---|---|
| ОПК-3 | способность решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей | Знать: основные понятия и законы электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей; методы анализа цепей постоянного и переменного токов; Уметь: определять характеристики электрических цепей и элементов электроники Владеть: навыками анализа электрических цепей современными компьютерными методами |
| ОПК-5 | способность использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных | Знать: основные приемы обработки и представления экспериментальных данных; Уметь: определять ошибки и допуски экспериментальных данных Владеть: навыками обработки |

| | | |
|-------------|---|---|
| | | данных современными компьютерными методами |
| ПК-5 | готовность выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования | <p>Знать: основы физических расчетов и проектирования электронных приборов и схем различного функционального назначения;</p> <p>Уметь: строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электротехники различного функционального назначения</p> <p>Владеть: стандартными программными средствами компьютерного моделирования расчетов электрических цепей и схем</p> |

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

| № п/п | Разделы и темы дисциплины | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) | | | | Самостоятельная работа | Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам) |
|---|--|---------|-----------------|--|----------------------|----------------------|--------------|------------------------|---|
| | | | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные занятия | Контроль сам | | |
| Модуль 1. Линейные цепи постоянного тока | | | | | | | | | |
| 1 | Основные свойства электрических цепей | 3 | 1 | | | 2 | | | |
| 2 | Основные законы электротехники | 3 | 2,3 | | | 4 | | 2 | Самостоятельная работа |
| 3 | Методы расчета токов в электрических цепях | 3 | 4,5 | | | 4 | | 2 | Самостоятельная работа |
| | <i>Итого по модулю 1:</i> | | | | | 8 | | 4 | |
| Модуль 2. Линейные цепи переменного тока | | | | | | | | | |
| 1 | Анализ цепей переменного тока | 3 | 6,7 | | | 4 | | 2 | Самостоятельная работа |
| 2 | Резонансные явления в цепях синусоидального тока | 3 | 7,8 | | | 4 | | 2 | Самостоятельная работа |

| | | | | | | | | | |
|---|---------------------------------------|---|--------|----|----|----|--|----|---|
| | <i>Итого по модулю 2:</i> | | | 10 | 10 | 8 | | 4 | |
| Модуль 3. Цепи с взаимной индуктивностью | | | | | | | | | |
| 1 | Цепи с взаимной индуктивностью. | 3 | 9 | | | 4 | | 2 | Самостоятельная работа |
| | <i>Итого по модулю 3:</i> | | | | | 4 | | 2 | |
| Модуль 4.Трехфазные цепи | | | | | | | | | |
| 1 | Методы расчета трехфазных цепей | 3 | 10, 11 | | | 8 | | 2 | Самостоятельная работа |
| | <i>Итого по модулю 4:</i> | | | | | 8 | | 2 | |
| Модуль 5. Четырехполюсники | | | | | | | | | |
| 1 | Основные уравнения четырехполюсников | 3 | 12 | | | 4 | | 2 | Самостоятельная работа |
| | <i>Итого по модулю 5:</i> | | | | | 4 | | 2 | |
| Модуль 6. Переходные процессы в линейных цепях | | | | | | | | | |
| 1 | Переходные процессы в линейных цепях. | 3 | 13 | | | 4 | | 4 | Самостоятельная работа |
| | <i>Итого по модулю 6:</i> | | | | | 4 | | 4 | |
| Модуль 7. Нелинейные цепи | | | | | | | | | |
| 1 | Нелинейные цепи постоянного тока | 3 | 14 | | | 4 | | 2 | Самостоятельная работа |
| | <i>Итого по модулю 7:</i> | | | | | 4 | | 2 | |
| Модуль 8. Линии с распределенными параметрами | | | | | | | | | |
| 1 | Цепи с распределенными параметрами. | 3 | 15 | | | 4 | | | Самостоятельная работа |
| 2 | Режимы работы длинной линии. | 3 | 16 | | | 4 | | 2 | Самостоятельная работа |
| | <i>Итого по модулю 8:</i> | | | | | 8 | | 2 | |
| | ИТОГО за год | | | | | 50 | | 22 | Отчет о выполненных работах с приложением расчетного и графического материала |

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

Темы лабораторных занятий

| Разделы и темы | Название темы (лабораторные работы) |
|--|--|
| Модуль 1 Линейные цепи постоянного тока | 1. исследование линейной разветвленной цепи постоянного тока 2. Методы анализа электрических цепей |
| Модуль 2 Линейные цепи переменного тока | 3. цепь синусоидального тока при последовательном соединении R, L, и C. 4. цепь синусоидального тока при параллельном со- |

| | |
|--|---|
| | единении катушки индуктивности и конденсатора |
| Модуль 3 Цепи с взаимной индуктивностью | 5. Исследование магнитосвязанных цепей |
| Модуль 4 Трёхфазные цепи | 6. Исследование трёхфазной цепи при соединении нагрузки в треугольник 7. исследование трёхфазной цепи при соединении нагрузки в звезду |
| Модуль 5 Четырёхполюсники | 8. определение параметров пассивного четырёхполюсника |
| Модуль 6 Переходные процессы в линейных цепях | 9. исследование переходных процессов в линейных цепях |
| Модуль 7 Нелинейные цепи | 10. Исследование нелинейных цепей методом эквивалентного генератора и методом двух узлов. |
| Модуль 8 Линии с распределенными параметрами | 11. однородная длинная линия |

5. Образовательные технологии

В Практикуме по теоретическим основам электротехники предусматривается применение различных видов образовательных технологий. Основной вид выполнения учебной нагрузки – это лабораторная работа. Лабораторные занятия проводятся на специализированных стендах, моделирующих различные физические процессы и работу различных электротехнических устройств.

На лабораторных занятиях студенты решают задачи исследовательского характера, подтверждающие основные законы и соотношения электротехники. По каждой теме в начале семинара или практического занятия можно провести компьютерное тестирование.

Студент должен получить электронную версию учебно-методического обеспечения дисциплины (РП, конспекты лекций, планы и задания к семинарам и практическим занятиям и т.д.).

В процессе обучения используются:

Информационные технологии - обучение в электронной образовательной среде с целью расширения доступа к образовательным ресурсам, увеличения контактного взаимодействия с преподавателем, построения индивидуальных методов подготовки и объективного контроля и мониторинга знаний студентов.

Контекстное обучение - мотивация студентов к усвоению знаний путем выявления связей между конкретным знанием и его применением. При этом знания, умения и навыки даются не как предмет для запоминания, а в качестве средства решения профессиональных задач.

Обучение на основе опыта - активизация познавательной деятельности студента за счет ассоциации из собственного опыта с предметом изучения.

Междисциплинарное обучение - использование знаний из разных областей, их группировка и концентрация в контексте решаемой задачи.

Для усвоения дисциплины используются интерактивные базы данных, справочные материалы.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студентов предусматривает 72 часа

| Разделы и темы для самостоятельного изучения | Виды работ | Норма времени на выполнение (в часах) |
|--|---|---------------------------------------|
| Модуль 1 Линейные цепи постоянного тока | Изучение понятий: заряд, ток, потенциал, потенциальная диаграмма, топология цепи, последовательное и параллельное соединение источников энергии. Передача энергии от активного двухполюсника к пассивному | 4 |
| Модуль 2 Линейные цепи переменного тока | Топографическая диаграмма. Комплексная проводимость. Топологические методы расчета цепей. Измерение мощности ваттметром. Практическое значение явления резонанса в электрических цепях. Символический метод решения задач электротехники. | 4 |
| Модуль 3 Цепи с взаимной индуктивностью | Магнитосвязанные катушки, Взаимоиндуктивность. Применение трансформаторов. | 2 |
| Модуль 4 Трехфазные цепи | Получение кругового вращающего магнитного поля. Асинхронные и синхронные двигатели. Метод симметричных составляющих к расчету трехфазных цепей. | 2 |
| Модуль 5 Четырехполюсники | Соединения четырехполюсников. Определение коэффициентов одной формы уравнений четырехполюсника через коэффициенты другой формы. Круговые и линейные диаграммы четырехполюсников. RC-фильтры и определение их параметров. | 2 |
| Модуль 6 Переходные процессы в линейных цепях | Особенности переходных процессов. Методы расчета переходных процессов. Законы электротехники в операторной форме. Переходные процессы при воздействии импульсных напряжений. | 4 |
| Модуль 7 Нелинейные цепи | Методы расчета нелинейных цепей. Расчет нелинейных цепей методом эквивалентного генератора и методом двух узлов. Замена нелинейного резистора эквивалентным линейным сопротивлением и ЭДС. | 2 |

| | | |
|---|---|----|
| Модуль 8 Линии с распределенными параметрами | Определение комплексов напряжения и тока в любой точке линии через комплексы тока и напряжения в начале линии. Согласованная нагрузка и параметры линии при согласованной нагрузке. | 2 |
| | Итого | 22 |

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Фонды оценочных средств (контрольные вопросы и типовые задания для практических занятий, зачета; тесты и компьютерные тестирующие программы, примерную тематику рефератов и т.п., а также иные формы контроля, позволяющие оценить степень сформированности компетенций обучающихся) для проведения текущего, промежуточного и итогового контроля успеваемости и промежуточной аттестации имеются на кафедре. Они также размещены на образовательном сервере Даггосуниверситета (по адресу: <http://edu.dgu.ru>), а также представлены в управление качества образования ДГУ.

Уровень освоения учебных дисциплин обучающимися определяется следующими оценками: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценки "отлично" заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять практические задания, предусмотренные программой, усвоивший основную литературу и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой.

Оценки "хорошо" заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе практические задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе.

Оценки "удовлетворительно" заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением практических заданий, предусмотренных программой, знакомых с основной литературой, рекомендованной программой.

Оценка "неудовлетворительно" выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой практических заданий.

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

7.2. Типовые контрольные задания

Типовые лабораторные работы

Лабораторная работа №2

Цепь постоянного тока с различным соединением резисторов

1. Последовательное соединение резисторов.

| Компетенция | Знания, умения, навыки | Процедура освоения |
|-------------|--|---|
| ОПК-3 | Знать: основные понятия и законы электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей; методы анализа цепей постоянного и переменного токов; Уметь: определять характеристики электрических цепей и элементов электроники Владеть: навыками анализа электрических цепей современными компьютерными методами | Устный опрос, письменный опрос |
| ОПК-5 | Знать: основные приемы обработки и представления экспериментальных данных; Уметь: определять ошибки и допуски экспериментальных данных Владеть: навыками обработки данных современными компьютерными методами | Устный опрос, письменный опрос, тестирование. |
| ПК-5 | Знать: основы физических расчетов и проектирования электронных приборов и схем различного функционального назначения; Уметь: строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электротехники различного функционального назначения Владеть: стандартными программными средствами компьютерного моделирования и расчетов электрических цепей и схем | Устный опрос, письменный опрос, тестирование. |

1.1 Общие сведения

Если резисторы или любые другие нагрузки соединены последовательно (рис. 1.1), по ним проходит один и тот же ток. Величина тока определяется приложенным напряжением U и Эквивалентным сопротивлением $R_{\text{экв}}$:

$$I = U/R_{\text{экв}},$$

где $R_{\text{экв}} = R_1 + R_2 + R_3$

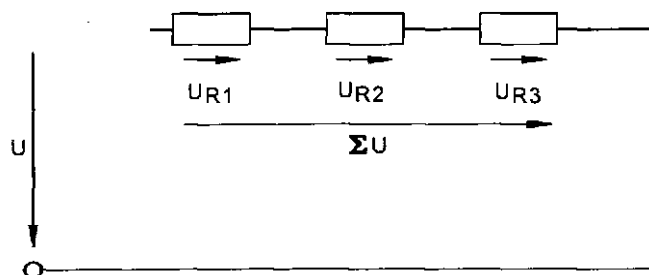


Рис. 1.1

На каждый отдельный резистор при этом приходится некоторое частичное напряжение. Сумма частичных напряжений в соответствии со вторым законом Кирхгофа равна полному приложенному напряжению:

$$I \cdot R_1 + I \cdot R_2 + I \cdot R_3 = I(R_1 + R_2 + R_3) = U$$

1.2 Экспериментальная часть

Задание

Измеряя токи и напряжения, убедиться, что ток одинаков в любой точке последовательной цепи и что сумма частичных напряжений равна напряжению, приложенному ко всей цепи. Сравнить результаты измерения с расчётом.

Порядок выполнения эксперимента

- Соберите цепь согласно вышеприведенной схеме, используя резисторы 47, 100 и 220 Ом, причем последовательно с резисторами включите специальные миниблоки для подключения амперметра.
- С помощью двухжильного кабеля со штекером поочередно подключайте к этим миниблокам мультиметр в режиме измерения тока и измеряйте ток вдоль всей последовательной цепи. Убедитесь, что ток имеет одно и то же значение и запишите его в табл. 2.1.
- Затем измерьте напряжения на каждом резисторе, а также полное напряжение на входе цепи. Все измеренные величины занесите в табл. 1.1.
- Рассчитайте эквивалентное сопротивление цепи, ток и падение напряжения на каждом резисторе. Результаты занесите в табл. 1.1 и сравните с измеренными значениями.

Таблица 1.1

| | Ток(I), | Падения напряжения на рези- | Напряжение на |
|--|---------|-----------------------------|---------------|
|--|---------|-----------------------------|---------------|

| | мА | сторгах, В | | | входе цепи, В |
|-----------------------|----|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|
| | | 47 Ом (U ₁) | 100 Ом (U ₂) | 220 Ом (U ₃) | R _{экв...} Ом |
| Измеренные значения | | | | | |
| Рассчитанные значения | | | | | |

Проверьте выполнение второго закона Кирхгофа по экспериментальным и по расчётным значениям напряжений:

$$U = U_1 + U_2 + U_3.$$

2 Параллельное соединение резисторов в цепи постоянного тока

2.1 Общие сведения

Если резисторы или любые другие нагрузки соединены параллельно (рис.2.1), все они находятся под одинаковым напряжением:

$$U = U_{R_1} = U_{R_2} = U_{R_3}$$

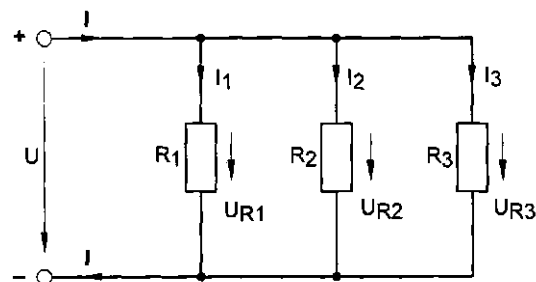


Рис. 2.1

В каждой ветви цепи протекает свой ток. Сумма токов всех ветвей в соответствии с первым законом Кирхгофа равна полному току:

$$I = I_1 + I_2 + I_3.$$

Величина тока ветви зависит от приложенного напряжения и сопротивления данной ветви:

$$I_1 = \frac{U}{R_1}, \quad I_2 = \frac{U}{R_2}, \quad I_3 = \frac{U}{R_3}$$

Ток в неразветвленной части цепи зависит от приложенного напряжения и эквивалентного сопротивления цепи:

$$I_0 = \frac{U}{R_0}$$

Для вычисления эквивалентного сопротивления цепи служит формула:

$$\frac{1}{R_3} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Для цепи с двумя параллельно соединенными резисторами:

$$R_3 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

2.2 Экспериментальная часть

Задание

Измеряя напряжения и токи, убедиться, что напряжение, прикладываемое к каждому резистору, одинаково и что сумма токов ветвей равна полному току цепи. Проверить результаты измерения расчётом.

Порядок выполнения эксперимента

- Соберите цепь согласно вышеприведенной схеме (рис. 2.1), вставив последовательно с каждым из резисторов (330, 220 и 470 Ом) специальные миниблоки для подключения амперметра.
- Измерьте напряжение на каждом резисторе, а также напряжение на источнике. Убедитесь, что все они одинаковы и запишите значение напряжения в табл. 2.1.
- С помощью мультиметра, специального кабеля со штекером и миниблоков для подключения амперметра измерьте токи в каждом резисторе и на входе цепи. Результаты запишите в табл. 2.1.
- Рассчитайте эквивалентное сопротивление цепи, ток в каждом резисторе и на входе цепи. Результаты занесите в табл. 2.1 и сравните с измеренными значениями.
- Проверьте как по экспериментальным, так и по расчётным данным, выполняется ли первый закон Кирхгофа:

$$I = I_1 + I_2 + I_3.$$

Таблица 2.1

| | Напряжение (U), В | Токи в ветвях, мА | | | Ток на входе, мА |
|-----------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|
| | | 330 Ом (I ₁) | 220 Ом (I ₂) | 470 Ом (I ₃) | R _{ЭКВ} Ом (I) |
| Измеренные значения | | | | | |
| Рассчитанные значения | | | | | |

3 Цепь постоянного тока при смешанном соединении резисторов

3.1 Общие сведения

На рис. 3.1 показан пример цепи со смешанным (т.е. последовательно-параллельным) соединением резисторов. Цепь состоит из последовательно (R_1 и R_2) и параллельно (R_3 и R_4) соединённых резисторов.

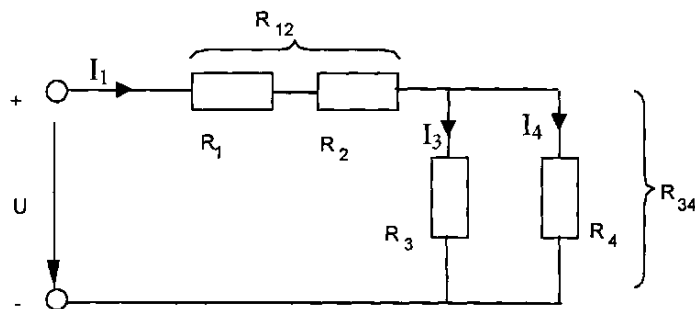


Рис. 3.1

Участки цепи с последовательным и параллельным соединением резисторов относительно друг друга соединены последовательно. Чтобы вычислить полное сопротивление цепи сначала определяют эквивалентное сопротивление параллельного участка:

$$R_{34} = \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4}$$

Затем определяют эквивалентное сопротивление всей цепи, состоящей теперь из трёх последовательно соединённых сопротивлений:

$$R_{э\text{кв}} = R_1 + R_2 + R_{34}$$

Для расчёта токов в этой цепи необходимо сначала определить по закону Ома ток в эквивалентном сопротивлении, он же в сопротивлениях R_1 и R_2 :

$$I_1 = \frac{U}{R_{э\text{кв}}}$$

После этого опять же по закону Ома определяются напряжение на участке с параллельным соединением и токи в параллельных ветвях:

$$U_{34} = I_1 \cdot R_{34}; \quad I_3 = \frac{U_{34}}{R_3}; \quad I_4 = \frac{U_{34}}{R_4}$$

3.2 Экспериментальная часть

Задание

Измерить токи, напряжения и мощность в цепи при смешанном соединении резисторов. Проверить результаты измерений расчётом. Проверить выполнение первого и второго законов Кирхгофа и баланса мощностей.

Порядок выполнения эксперимента

- Соберите цепь согласно монтажной схеме (рис. 3.2). В каждой из трёх ветвей этой схемы включены миниблоки для подключения амперметра. На вхо-

де цепи включён ваттметр для измерения полной мощности, потребляемой цепью.

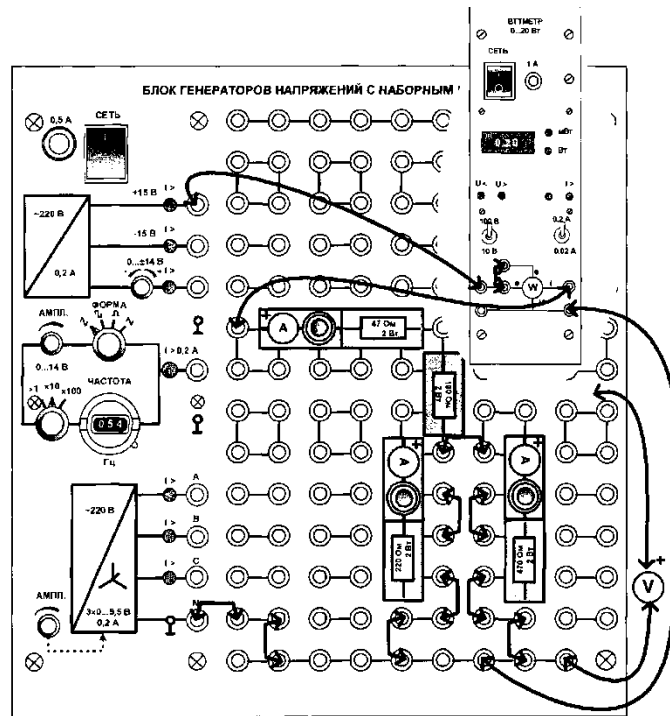


Рис.3.2

- Измерьте токи во всех ветвях, поочерёдно включая миллиамперметр в каждую ветвь цепи. Измерьте напряжения на всех элементах и мощность. **При измерении мощности правильно выберите пределы измерения ваттметра (так, чтобы не светились светодиоды I> и I<).** Результаты измерений занесите в табл. 3.1.

Таблица 3.1

| | I_1, mA | I_3, mA | I_4, mA | U, V | U_1, V | U_2, V | U_{34}, V | $P, \text{Вт}$ |
|---------------------|------------------|------------------|------------------|---------------|-----------------|-----------------|--------------------|----------------|
| Измеренные величины | | | | | | | | |
| Расчётные значения | | | | | | | | |

- Убедитесь, что выполняются первый и второй законы Кирхгофа, а именно:

$$I_1 = I_3 + I_4$$

$$U = U_1 + U_2 + U_{34}$$
- Рассчитайте токи и напряжения на всех элементах по формулам, приведённым в разделе «Общие сведения», занесите результаты в строку «Расчётные значения» и сравните их с экспериментальными данными. Проверьте также выполнение первого и второго законов Кирхгофа по расчётным значениям.
- Определите мощность, потребляемую каждым резистором и сумму мощностей потребителей:

$$P_1 = I_1^2 R_1;$$

$$P_2 = I_2^2 R_2;$$

$$P_3 = I_3^2 R_3;$$

$$P_4 = I_4^2 R_4.$$

Вычислите суммарную мощность, потребляемую всеми резисторами

- Вычислите мощность, отдаваемую источником, и убедитесь, что она примерно равна сумме мощностей потребителей:

$$P = U \cdot I$$

Занесите это значение в табл. 4.1 и сравните с мощностью, измеренной ватт-метром.

Лабораторная работа №4

Цепь синусоидального тока при параллельном соединении катушки индуктивности и конденсатора

1 Общие сведения

В общем случае, на входе цепи синусоидального тока, содержащей сопротивления, индуктивности и ёмкости (рис.1а) протекает ток, сдвинутый по фазе относительно напряжения на угол φ , что можно показать на векторной диаграмме (рис.1б). Действующее значение этого тока определяется по закону Ома:

$$I = U/Z = UY,$$

где $Y = 1/Z$ - **полная проводимость** цепи.

Если ток отстаёт от напряжения ($\varphi > 0$), то говорят, что цепь носит индуктивный характер, если опережает ($\varphi < 0$) - ёмкостный характер. Второй случай показан на векторной диаграмме пунктиром.

Ток можно представить в виде суммы двух составляющих: **активной**, совпадающей по фазе с приложенным напряжением и **реактивной**, сдвинутой относительно напряжения на $+90^\circ$ или -90° .

Активная составляющая тока $I_a = I \cos \varphi = UY \cos \varphi = UG$, где $G = Y \cos \varphi$ называется **активной** проводимостью.

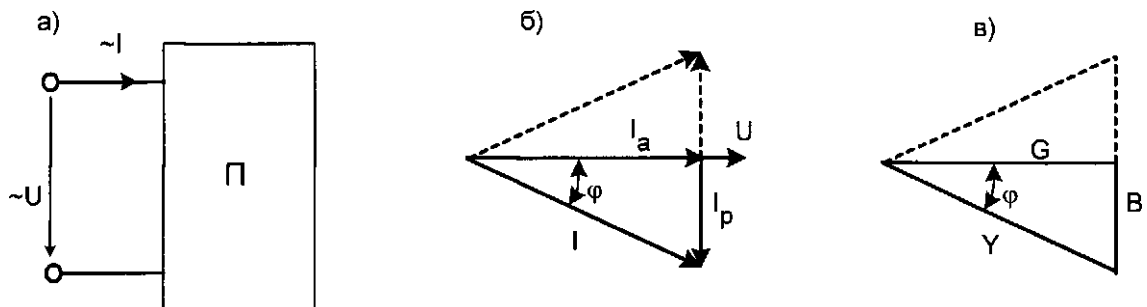
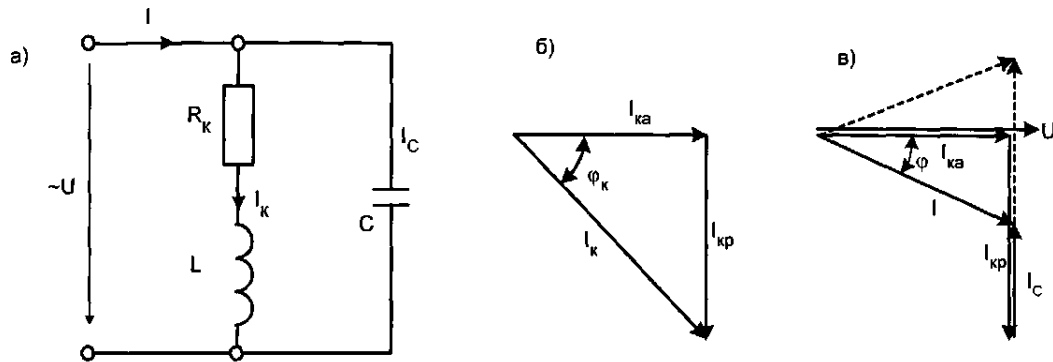


Рис.1.

Реактивная составляющая тока $I_p = I \sin \varphi = UY \sin \varphi = UB$, где $B = Y \sin \varphi$ называется **реактивной** проводимостью.



Все соотношения между проводимостями Y , G , и B , а также углом φ могут быть наглядно представлены в виде треугольника проводимостей, подобного треугольнику токов (рис.1.в).

Если катушка, обладающая индуктивностью L и активным сопротивлением R соединена параллельно с конденсатором ёмкостью C (рис.2а), то напряжение на них одно и то же, а ток I на входе цепи представляет сумму тока в катушке I_k , отстающим от напряжения на угол φ , и тока в конденсаторе I_C , опережающего напряжение на 90° .

Рис.2

Для сложения токов сначала представим ток в катушке в виде двух составляющих: активной I_{ka} , и реактивной I_{kp} , как показано на рис.2б, а затем нарисуем из конца вектора I_{kp} вектор тока в конденсаторе (рис.2.в), опережающий напряжение на 90° и получим суммарный ток. Из векторной диаграммы следует, что

$$I = \sqrt{I_{ka}^2 + (I_{kp} - I_C)^2} = \sqrt{U^2 G^2 + U^2 (B_L - B_C)^2} = U \sqrt{G^2 + (B_L - B_C)^2} = UY$$

где $Y = \sqrt{G^2 + (B_L - B_C)^2} = \sqrt{G^2 + B^2}$, - полная проводимость этой цепи.

В свою очередь:

- $B = B_L - B_C$ - реактивная проводимость всей цепи;
- $B_L = Y_k \sin \varphi_k$ - индуктивная проводимость катушки;
- $B_C = \omega C$ - ёмкостная проводимость конденсатора;
- $G = Y_k \cos \varphi_k$ - активная проводимость катушки;

Из векторной диаграммы следует также, что угол сдвига между током и напряжением

$$\varphi = \arctg \frac{I_{kp} - I_C}{I_{ka}} = \arctg \frac{B_L - B_C}{G} = \arctg \frac{B}{G}$$

Если $B_L > B_C$, то угол φ положительный и напряжение опережает ток. Этот случай показан на векторной диаграмме сплошными линиями. Если же $B_L < B_C$, то угол φ отрицательный, и напряжение отстаёт от тока (показано на векторной диаграмме пунктиром). Если же, наконец, $B_L = B_C$, тогда и

$I_{кр} = I_C$ и $\varphi = 0$, и ток совпадает с напряжением по фазе. Этот случай называется резонансом токов.

Условие резонанса $B_L = B_C$ или $\varphi = 0$ можно также записать в виде:
 $Y_K \sin \varphi_K = \omega C$

В свою очередь,

$$Y_K = \frac{1}{Z_K} = \frac{1}{\sqrt{R_K^2 + \omega^2 L^2}}, \text{ а } \sin \varphi_K = \frac{\omega L}{\sqrt{R_K^2 + \omega^2 L^2}}, \text{ поэтому } \frac{L}{R_K^2 + \omega^2 L^2} = C$$

Отсюда можно определить ёмкость, индуктивность или частоту, при которой в цепи будет наблюдаться резонанс.

2 Экспериментальная часть

Задание

Определить экспериментально параметры катушки индуктивности, рассчитать резонансную ёмкость параллельно включенного конденсатора, снять зависимость токов в цепи от ёмкости, построить векторные диаграммы для трёх случаев $C < C_{рез}$, $C = C_{рез}$ и $C > C_{рез}$.

Порядок выполнения эксперимента

- Соберите цепь (принципиальная схема рис. 2а, монтажная - 3), включив в каждую ветвь по миниблоку для подключения амперметра. Конденсаторы в первом опыте не включайте.

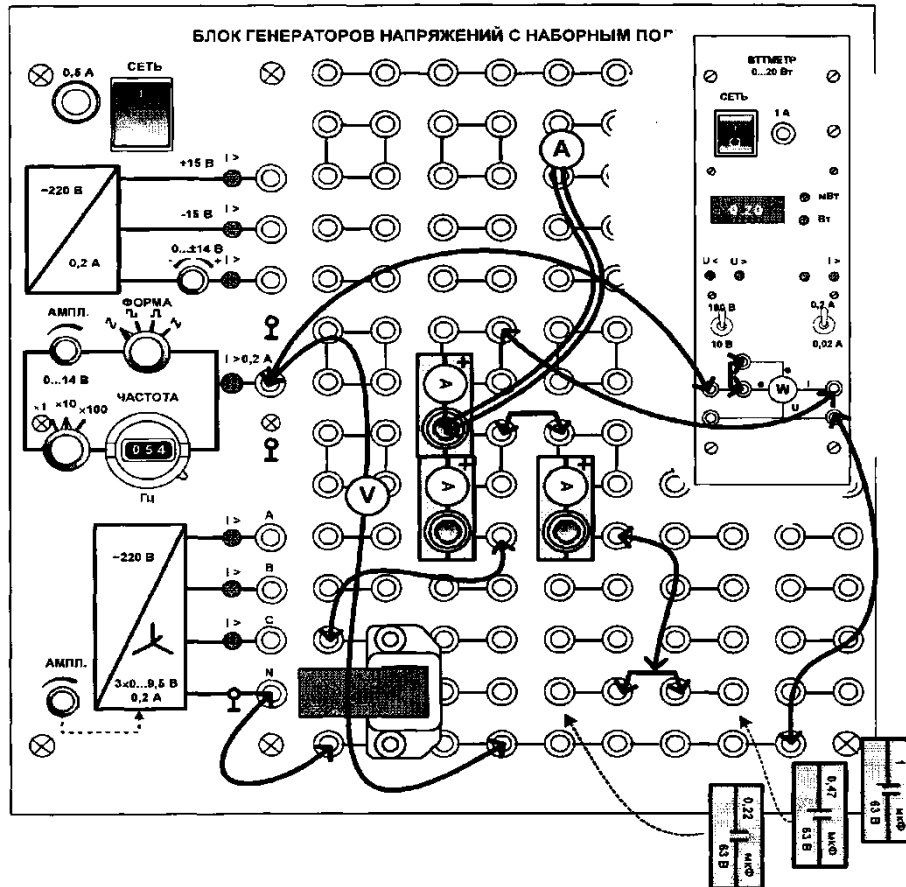


Рис.3

- Установите частоту питающего напряжения 1000 Гц, максимальную амплитуду и измерьте напряжение, на входе цепи, ток и мощность, потребляемые цепью. Результаты измерений запишите в табл. 1.

Таблица 1

| Измерения | | | Вычисления | | | |
|-----------|---------|----------|-------------|-------------------|-------|----------------|
| $U, В$ | $I, мА$ | $P, мВт$ | $Y_k, 1/Ом$ | $\varphi_k, град$ | B_L | $C_{рез}, мкФ$ |
| | | | | | | |

- Вычислите параметры катушки и ожидаемую резонансную ёмкость. Все формулы приведены в разделе «Общие сведения»
- Устанавливайте параллельно индуктивности поочерёдно различные конденсаторы как показано на рис. 3, измеряйте и записывайте в табл. 2 значения токов в трёх ветвях цепи. Постройте графики изменения токов от ёмкости параллельно включенного конденсатора и по минимуму тока определите фактическую резонансную ёмкость. Сравните её с расчётным значением.

Таблица 2

| | | | | | | |
|-----------|------|------|---------------------|---|------------------|------------------|
| $C, мкФ$ | 0,22 | 0,47 | 0,69 (0,22+0,47) | 1 | 1,22 (1+0,22) | 1,47 (1+0,47) |
| $I_k, мА$ | | | | | | |
| $I_C, мА$ | | | | | | |
| $I, мА$ | | | | | | |

- Постройте векторные диаграммы в координатах для трёх случаев: $C < C_{рез}$, $C = C_{рез}$ и $C > C_{рез}$. Для резонансного режима значения токов возьмите из предыдущего графика.

Лабораторная работа №7

Однородная длинная линия

7.1. Описание модели однородной длинной линии

Модель однородной длинной линии представляет собой цепную схему из семнадцати симметричных одинаковых П-образных четырёхполюсников (рис. 7.1.1). Номинальные параметры звеньев указаны на лицевой панели. В начале цепной схемы и в конце её имеются дополнительные гнезда для подключения амперметров, токоограничивающих резисторов, нагрузок. Для этой цели можно использовать также наборное поле блока генераторов напряжений.

Длина воздушной линии без потерь, соответствующая одному звену:

$$l_{зв} = v_{\phi} \sqrt{L_{зв} C_{зв}} = 3 \cdot 10^5 \sqrt{0,016 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6}} = 12 \text{ км},$$

где $v_{\phi} = 3 \cdot 10^5$ км/с - скорость света в пустоте.

Длина линии $l = 12 \cdot 17 = 204$ км.

Волновое сопротивление линии:

$$Z_C = \sqrt{\frac{L_{зв}}{C_{зв}}} = \sqrt{\frac{0,016}{0,1 \cdot 10^{-6}}} = 400 \text{ Ом}.$$

Коэффициент распространения в общем случае (с учётом потерь):

$$\gamma = \frac{1}{12} \sqrt{(R_{3B} + j\omega L_{3B})j\omega C_{3B}} = \alpha + j\beta?$$

где α - коэффициент затухания в Нп/км, а β - коэффициент фазы в рад/км.

Без учёта потерь:

$$l_{3B} = \omega \frac{1}{12} \sqrt{L_{3B} C_{3B}} = \omega \frac{1}{12} \sqrt{0,016 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6}} = \omega \cdot 3,33 \cdot 10^{-6}$$

рад/км.

Частота, при которой длина волны равна длине линии 204 км:

$$f_{\lambda} = \frac{1}{17 \sqrt{L_{3B} C_{3B}}} = 1470 \text{ Гц.}$$

Коэффициент распространения при этой частоте с учётом потерь:

$$\gamma = \frac{1}{12} \sqrt{(\sqrt{6,3 + j2\pi \cdot 1470 \cdot 0,016})j2\pi \cdot 1470 \cdot 0,2 - 10^{-6}} = 0,000655 = j \cdot 0,03075.$$

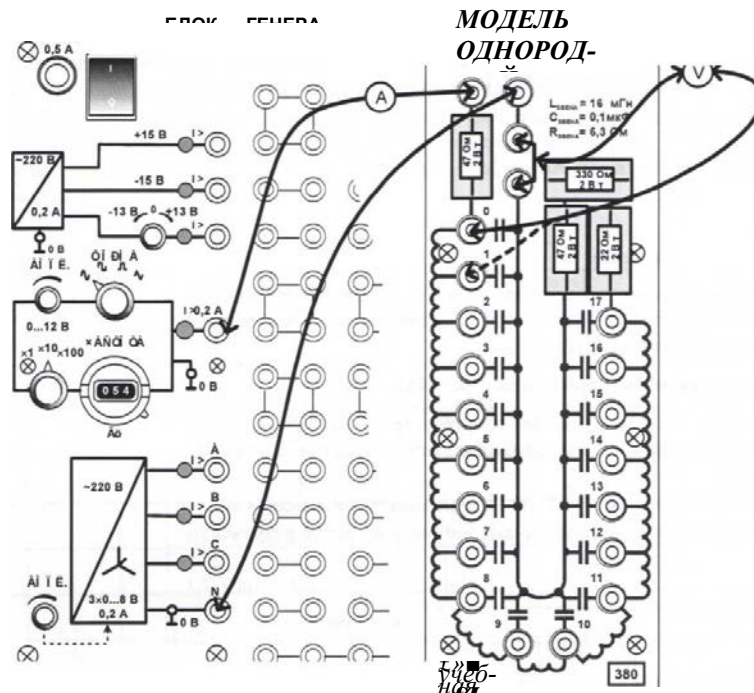


Рис. 7.1.1

При этом затухание на всей длине линии составляет $e^{-\alpha l} = e^{-0,000655 \cdot 204} = 0,875$, а поворот фазы – $\beta l = 0,03075 \cdot 204 = 6,273 \text{ рад} \approx 2\pi$.

7.2. Исследование распределения напряжения вдоль однородной длинной линии

Общие сведения

Уравнения линии без потерь, записанные по концу линии, при синусоидальном режиме:

$$U(x') = U_2 \cos \beta x' + jZ_c I_2 \sin \beta x' ;$$

$$I(x') = I_2 \cos \beta x' + j \frac{U_2}{Z_c} \sin \beta x',$$

где x' - расстояние в км, отсчитываемое от конца линии.

При холостом ходе ($I_2 = 0$):

$$U(x') = U_2 \cos \beta x' ;$$

$$I(x') = j \frac{U_2}{Z_c} \sin \beta x'.$$

При коротком замыкании ($U_2 = 0$):

$$U(x') = jZ_c I_2 \sin \beta x' ;$$

$$I(x') = I_2 \cos \beta x'.$$

В согласованном режиме (при $Z_H = Z_c$) с учётом потерь:

$$U(x') = U_2 e^{\gamma x'} = U_2 e^{\alpha x'} e^{j\beta x'} ;$$

$$I(x') = I_2 e^{\gamma x'} = I_2 e^{\alpha x'} e^{j\beta x'}$$

Экспериментальная часть

Задание

Снять экспериментально распределение действующего значения напряжения вдоль однородной длинной линии при холостом ходе, коротком замыкании и в согласованном режиме и сравнить результаты эксперимента с расчётом.

Порядок выполнения эксперимента и расчёта

- Соберите цепь в соответствии с рис. 7.1.1, сначала без сопротивлений нагрузки (режим холостого хода). На входе линии включите токоограничивающее сопротивление 47 Ом, а в конце - только вольтметр.
- Включите генератор и установите частоту 1000...1500 Гц максимальной амплитуды.
- Измерьте напряжения во всех точках от конца до начала линии и занесите результаты в табл. 7.2.1.

Таблица 7.2.1

| № точки измерения. | x' , км | Опытные U, В | | | Расчётные U, В | | |
|--------------------|-----------|--------------|----|-------------|----------------|----|-------------|
| | | XX | K3 | $Z_H = Z_c$ | XX | K3 | $Z_H = Z_c$ |
| 0 | 204 | | | | | | |
| 1 | 192 | | | | | | |
| 2 | 180 | | | | | | |
| 3 | 168 | | | | | | |
| 4 | 156 | | | | | | |

7.3. Исследование зависимости входных сопротивлений линии от её электрической длины и сопротивления нагрузки

Общие сведения

Входное сопротивление длинной линии определяется как отношение напряжения к току на её входе. В общем случае $U_2 = Z_H I_2$ и, тогда входное сопротивление линии без потерь длиной l :

$$Z = \frac{Z_1 \cos \beta l + j Z_C \sin \beta l}{\cos \beta l + j \frac{Z_1}{Z_C} \sin \beta l}$$

При холостом ходе, когда $Z_H \rightarrow \infty$ и при коротком замыкании, когда $Z_H \rightarrow 0$, входные сопротивления линии соответственно равны:

$$Z = -j Z_C \operatorname{ctg} \beta l; \quad Z = j Z_C \operatorname{tg} \beta l$$

Как при холостом ходе, так и при коротком замыкании входное сопротивление линии без потерь носит чисто реактивный характер. При изменении $\beta l / \pi$ от 0 до π , оно может принимать значения от 0 до $\pm \infty$. Электрическую длину линии определяют обычно в долях от длины волны l/λ . Она зависит от частоты и от фактической длины линии. Поскольку $\beta \lambda = 2\pi$; а $\beta l = l 2\pi f \sqrt{L_0 C_0}$ то: $\frac{l}{\lambda} = l f \sqrt{L_0 C_0}$.

Отсюда можно определить частоту, при которой электрическая длина линии будет соответствовать заданному значению:

$$f = \frac{\frac{l}{\lambda}}{l \sqrt{L_0 C_0}}, \quad f = \frac{\frac{l}{\lambda}}{n \sqrt{L C}}$$

где n - число звеньев цепной схемы.

В согласованном режиме, когда $Z_H = Z_C$, входное сопротивление линии любой длины равно характеристическому сопротивлению.

В линии, длина которой равна четверти длины волны $\beta l = 90^\circ$, и при произвольной нагрузке входное сопротивление линии:

$$Z = \frac{Z \cos 90^\circ + j Z_C \sin 90^\circ}{\cos 90^\circ + j \frac{Z}{Z_C} \sin 90^\circ} = \frac{Z_C^2}{Z}$$

Следовательно, входное сопротивление четвертьволновой линии обратно пропорционально сопротивлению нагрузки. Это свойство четвертьволновой линии позволяет использовать её в качестве согласующего трансформатора, причём, при активной нагрузке $Z_H = Z_C$ входное сопротивление линии без потерь имеет также активный характер.

При холостом ходе сопротивление такой линии стремится не к бесконечности, а, наоборот, к нулю. При коротком замыкании оно стремится к бесконечности.

Если в линии имеются потери, то входные сопротивления не принимают значений, равных нулю или бесконечности, но становятся в соответствующих случаях весьма малыми или очень большими.

Экспериментальная часть

Задание

Снять экспериментально зависимость входного сопротивления линии от её электрической длины в режимах холостого хода, короткого замыкания и согласованной нагрузки. Электрическая длина линии изменяется путём изменения частоты приложенного напряжения. Для четвертьволновой линии снять зависимость входного сопротивления от сопротивления нагрузки. Сравнить результаты эксперимента с расчётом.

Порядок выполнения эксперимента и расчёта

- Рассчитайте и занесите в табл. 7.3.1 частоты, соответствующие заданным в первом столбце значениям электрической длины линии.
- Соберите цепь в соответствии с рис. 7.1 Л, сначала без сопротивлений нагрузки (режим холостого хода). На входе линии включите токоограничивающее сопротивление 47 Ом и амперметр, вольтметр также подключите к входу линии.
- Включите генератор, установите максимальную амплитуду синусоидального сигнала и, изменяя частоту в соответствии с табл. 7.3.1, снимите показания вольтметра и амперметра при холостом ходе, при коротком замыкании и в согласованном режиме.
- Вычислите входные сопротивления линии по формуле $Z_{ВХ} = U_{ВХ}/I_{ВХ}$ и занесите их также в табл. 7.3.1.
- На рис. 7.3.1 постройте графики $Z_{ВХ}(1/\lambda)$.
- На этом же рисунке постройте теоретические графики $Z = -jZ_c \operatorname{ctg}\beta l$, $Z = jZ_c \operatorname{tg}\beta l$ и в согласованном режиме $Z_{ВХ}(1/\lambda) = Z_c$.
- Сравните результаты, и сделайте выводы.

| 1/λ | F, Гц | Холостой ход | | | Короткое замыкание | | | Согласованный режим | | |
|----------|----------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| | | U _{ВХ} , В | I _{ВХ} , А | Z _{ВХ} , Ом | U _{ВХ} , В | I _{ВХ} , А | Z _{ВХ} , Ом | U _{ВХ} , В | I _{ВХ} , А | Z _{ВХ} , Ом |
| 0,1 | | | | | | | | | | |
| 0,2 | | | | | | | | | | |
| 0,2 5 | | | | | | | | | | |
| 0,3 | | | | | | | | | | |
| 0,4 | | | | | | | | | | |
| 0,4 5 | | | | | | | | | | |
| 0,5 | | | | | | | | | | |
| 0,5 5 | | | | | | | | | | |
| 0,6 | | | | | | | | | | |
| 0,7 | | | | | | | | | | |
| 0,7 | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 5 | | | | | | | | | | |
| 0,8 | | | | | | | | | | |
| 0,9 | | | | | | | | | | |
| 0,9 | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | |

Рис. 7.3.1

- Установите частоту приложенного напряжения, соответствующую четвертьволновой длине линии.

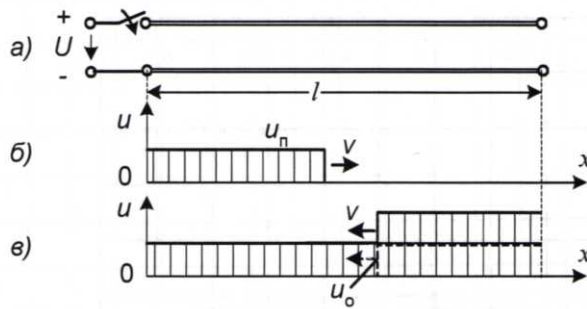
- Включая в конце линии различные сопротивления из набора мини-блоков от 47 до 1500 Ом, снимите показания вольтметра и амперметра, включённых в начале линии и рассчитаете входные сопротивления. Результаты занесите в табл. 7.3.2 и на рис. 7.3.2 постройте график $Z_{ВХ}(R_H)$.

- Рассчитайте $Z_{ВХ}(R_H) = Z_C^2/R_H$ и на этом же рисунке постройте расчётный график для сравнения. Сделайте выводы.

| $R_H, \text{ Ом}$ | $U_{ВХ}, \text{ В}$ | $I_{ВХ}, \text{ А}$ | $Z_{ВХ} = U_{ВХ}/I_{ВХ}, \text{ Ом}$ | $Z_{ВХ}(R_H) = Z_C^2/R_H, \text{ Ом}$ |
|-------------------|---------------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

7.4. Исследование отражения волн от конца длинной линии Общие сведения

В линии без потерь волны напряжения и тока распространяются без искажения формы и без затухания. В конце линии возникают отражённые волны, форма которых зависит от характера нагрузки. Они распространяются от конца линии к началу. Так, при включении разомкнутой на конце линии на постоянное напряжение (рис. 7.4.1а) прямоугольная волна напряжения $u_{\text{пр}}$ распространяется от источника к концу линии (рис. 7.4.1б). На разомкнутом конце линии возникает отражённая волна u_0 равная падающей, в результате чего напряжение в конце линии удваивается, и это удвоенное напряжение со скоростью движения волны перемещается от конца линии к началу (рис 7.4.1в).



Когда отраженная волна дойдёт до начала линии вдоль всей линии установится напряжение, равное $2u_n$, и возникнет отражённая волна от начала линии. Далее происходит многократное отражение волн от конца и от начала линии. Аналогичные процессы имеют место при коротком замыкании в конце линии и активной нагрузке. При сопротивлении нагрузки равном волновому сопротивлению линии отражения от конца линии не происходит.

При индуктивной, ёмкостной или смешанной нагрузке форма отражённой волны не повторяет форму падающей волны, её можно найти из расчёта переходного процесса.

Для экспериментального исследования процесса отражения волн в данной работе последовательно с источником напряжения включается активное сопротивление, равное волновому сопротивлению линии. Тогда отражение от начала линии не происходит, и наблюдается однократный процесс отражения от конца линии. Для того, чтобы наблюдать процесс на обычном электронном или компьютерном осциллографе вместо постоянного напряжения на вход подаются повторяющиеся импульсы напряжения. Тогда один и тот же процесс многократно повторяется, и его можно наблюдать на осциллографе, подобрав соответствующую длительность импульсов и скорость развёртки осциллографа.

На рис. 7.4.2 показаны графики изменения напряжения в начале и в конце линии, которые можно наблюдать на осциллографе при подаче на вход линии, разомкнутой на конце, прямоугольных импульсов напряжения $e(t)$. На первом графике показан один импульс подаваемого напряжения длительностью t_3 , на втором - напряжение в начале линии и на третьем - напряжение в конце линии.

В первый момент при подаче импульса на входе линии устанавливается напряжение $0,5E_m$, так как половина напряжения падает на добавочном сопротивлении $R = Z_c$. В момент времени t_1 волна напряжения достигает конца

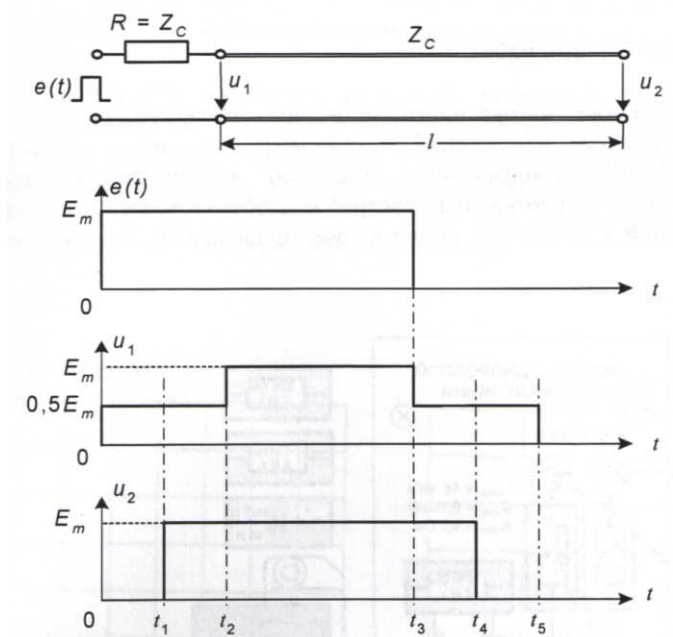


Рис.4.2

линии и в конце линии появляется удвоенное напряжение падающей волны. В момент времени t_2 отражённая от конца линии волна достигает начала, и напряжение в начале линии удваивается.

Отрезок времени от t_2 до t_3 соответствует установившемуся режиму в длинной линии при постоянном приложенном напряжении. В момент времени t_3 происходит выключение импульса приложенного напряжения, и от начала линии к концу начинает распространяться отрицательная волна напряжения $-0,5E_m$. В момент времени t_4 она достигает конца линии, там удваивается и суммарное напряжение в конце линии становится равным нулю. Далее отрицательная отражённая волна распространяется к началу линии и в момент времени t_5 достигает его. Напряжение в начале линии становится равным нулю. Далее процесс повторяется при подаче в линию нового импульса напряжения.

Аналогичным образом можно наблюдать процесс отражения волн при различном характере нагрузки в конце линии.

Экспериментальная часть

Задание

Получить на экране двухканального электронного или виртуального осциллографа графики изменения напряжений в начале и в конце линии при включении её на повторяющиеся импульсы напряжения при холостом ходе, коротком замыкании, при $R_H = Z_c$, $R_H > Z_c$, $R_H < Z_c$, индуктивной, ёмкостной и индуктивно-ёмкостной (параллельное соединение) нагрузке. Проанализировать и объяснить результаты.

Порядок выполнения работы

- Соберите цепь (рис. 7.4.3) сначала без нагрузочного резистора. Включите виртуальный осциллограф и генератор напряжений, установите на нём прямоугольные однополярные импульсы, максимальную амплитуду и частоту 150...200 Гц. Настройте длительность развёртки осциллографа. Добейтесь на осциллографе изображения напряжений в начале и в конце линии, приве-

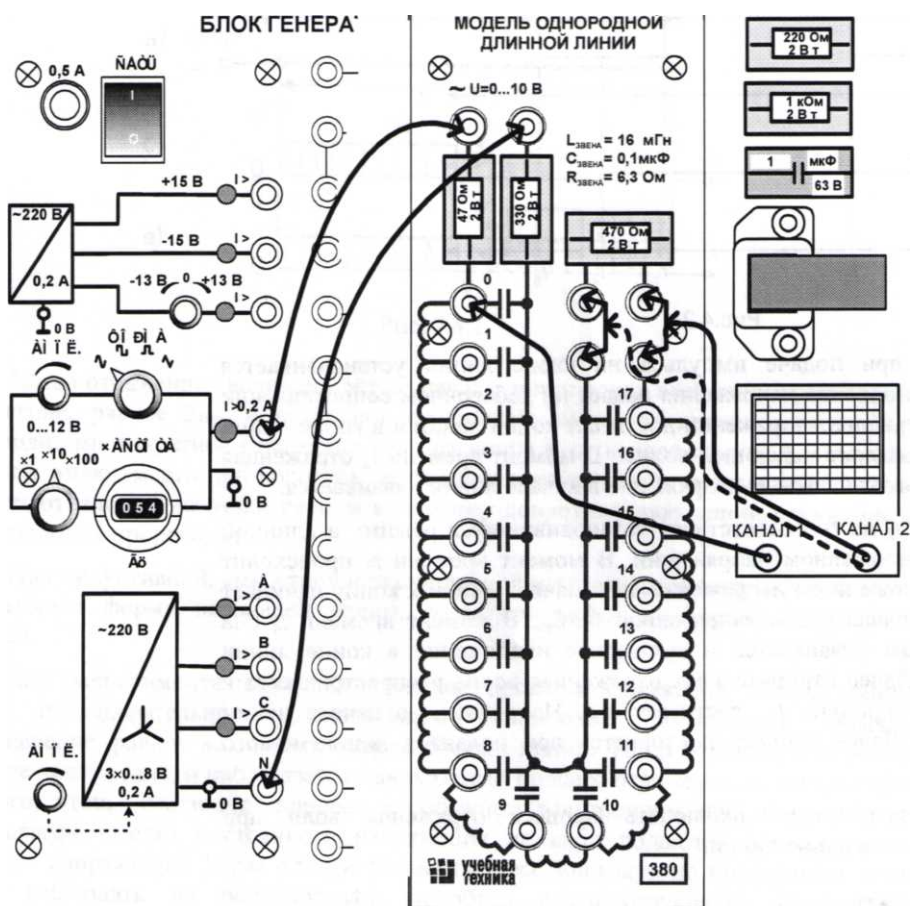
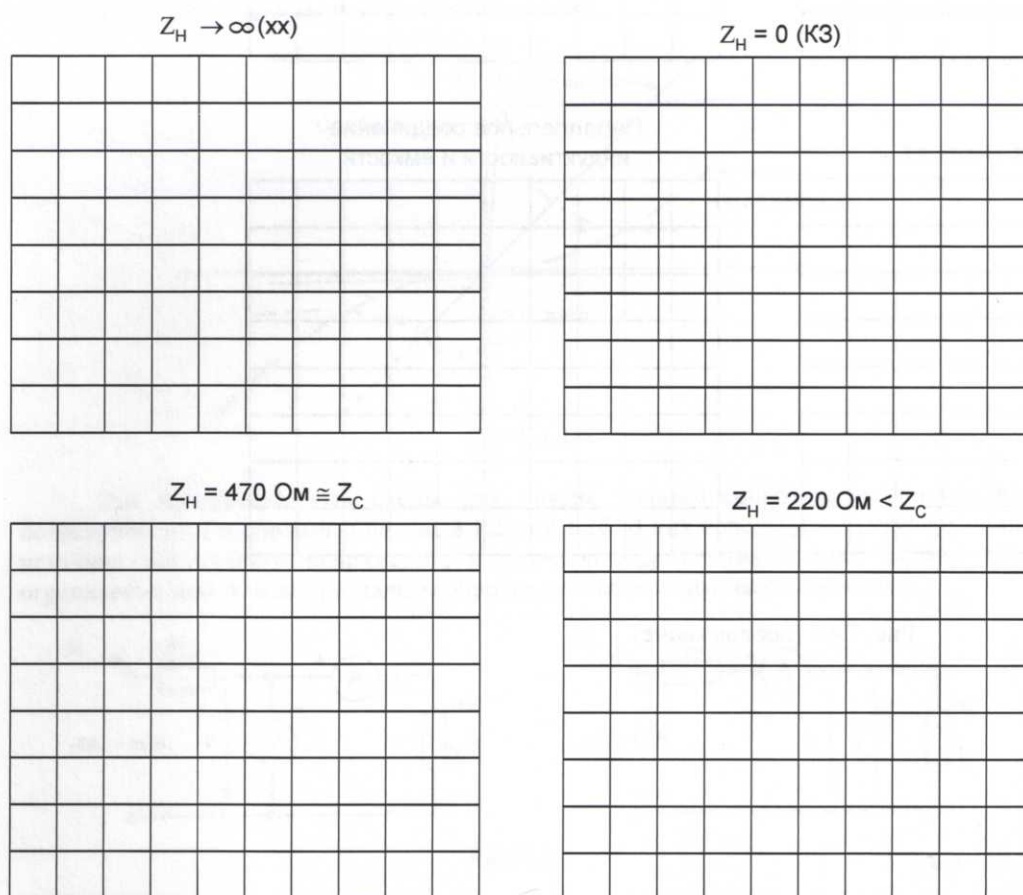


Рис.7.4.3

дённых в разделе «Общие сведения».

Зарисуйте полученную картину (рис. 7.4.4), не забыв указать масштабы по осям напряжения и времени. Определите время прохождения волны от начала линии до конца.

Повторите опыт, при различных нагрузках, указанных в задании, используя миниблоки, показанные на рис.4.3 или другие, имеющиеся в наборе. В качестве индуктивности высокой добротности удобно использовать катушку разборного трансформатора 900 витков, вставив в неё одну половинку сердечника или обе, разделив их бумажной прокладкой в 2...3 слоя. При необходимости для установки миниблоков можно использовать наборную панель.



7.3. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Контроль освоения студентом дисциплины осуществляется в рамках модульно-рейтинговой системы в ДМ, включающих текущую, промежуточную и итоговую аттестации.

По результатам текущего и промежуточного контроля составляется академический рейтинг студента по каждому модулю и выводится средний рейтинг по всем модулям.

По результатам итогового контроля студенту засчитывается трудоемкость дисциплины в ДМ, выставляется дифференцированная отметка в принятой системе баллов, характеризующая качество освоения студентом знаний, умений и навыков по данной дисциплине.

В соответствии с учебным планом предусмотрен зачет во 2-м семестре.

Формы контроля: текущий контроль, промежуточный контроль по модулю, итоговый контроль по дисциплине предполагают следующее распределение баллов.

Текущий контроль:

- посещаемость занятий 10 баллов

- активное участие на занятиях 40 баллов
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ 40 баллов
- написание и защита рефератов 10 баллов

Максимальное суммарное количество баллов по результатам текущей работы для каждого модуля – 100 баллов.

Промежуточный контроль освоения учебного материала по каждому модулю проводится преимущественно в форме тестирования.

Максимальное количество баллов за промежуточный контроль по одному модулю - 100 баллов. Результаты всех видов учебной деятельности за каждый модульный период оценивается рейтинговыми баллами.

Итоговый контроль по дисциплине осуществляется преимущественно в форме тестирования или устного экзамена по балльно-рейтинговой системе, максимальное количество которых равно – 100 баллов.

Итоговая оценка по дисциплине выставляется в баллах. Удельный вес итогового контроля в итоговой оценке по дисциплине составляет 50%, среднего балла по всем модулям 50%.

- от 51 до 65 балла – удовлетворительно
- от 66 до 84 балла – хорошо
- от 85 до 100 балла – отлично
- от 51 и выше - зачет

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

| № п.п. | Библиографическое описание (авторы/составители, заглавие, вид издания, издательство, год издания, кол-во страниц) | Количество экземпляров и наличие в библиотеке/ в каталоге ЭБС |
|----------------------------------|---|---|
| ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА | | |
| 1 | Атабеков Г.И. Теоретические основы электротехники: Линейные электрические цепи : учеб. пособие / Атабеков, Григорий Иосифович. - Изд. 7-е, стер. - СПб. [и др.] : Лань, 2009. - 591с. | 11 (в научной библиотеке ДГУ) |
| 2 | Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи : Учебник для вузов / Бессонов, Лев Алексеевич. - 10-е изд. - М. :Гардарики, 2001. - 638 с. : ил. | 25 (в научной библиотеке ДГУ) |
| 3 | Касаткин А.С. Электротехника : учеб. для вузов / Касаткин, Александр Сергеевич, Немцов, Михаил Васильевич. - изд. 6-е, перераб. - М. : Высшая школа, 2000. - 542 с. : ил. | 25 (в научной библиотеке ДГУ) |
| ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА | | |

| | | |
|---|--|----------------------------------|
| 4 | Сборник задач по теоретическим основам электротехники : учеб.пособие / [Л.А.Бессонов, И.Г.Демидова, М.Е.Заруди и др.]; под ред. Л.А.Бессонова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Высш. шк., 2003. - 528 с. : ил. - Рекомендовано МО РФ. | 20 (в научной библиотеке ДГУ) |
| 5 | Белецкий А.Ф. Теория линейных электрических цепей : учебник / Белецкий, Александр Фёдорович. - Изд. 2-е, стер. - СПб. [и др.] : Лань, 2009. - 542,[1] с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). | 1 (в научной библиотеке ДГУ) |
| 6 | Серебряков А.С. Линейные электрические цепи : лаб. практикум на IBM PC: [учеб.пособие] / Серебряков, Александр Сергеевич. - М. :Высш. шк., 2009. - 131с. | 10 (в научной библиотеке ДГУ) |

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Для усвоения дисциплины используются электронные базы учебно-методических ресурсов, электронные библиотеки.

1. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека - online» - www.biblioclub.ru
2. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru> (единое окно доступа к образовательным ресурсам).
3. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
4. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
5. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
6. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
7. <http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета МГУ.
8. <http://www.phys.spbu.ru/library/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета Санкт-Петербургского госуниверситета.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, с использованием современных компьютерных средств обучения и демонстрации в учебном процессе составляет не менее 70% лекционных занятий

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

10.1. Методические указания студентам

Студент в процессе обучения должен не только освоить учебную программу, но и приобрести навыки самостоятельной работы. Студенту предоставляется возможность работать во время учебы более самостоятельно, чем учащимся в средней школе. Студент должен уметь планировать и выполнять свою работу. Удельный вес самостоятельной работы составляет по времени 30% от всего времени изучаемого цикла. Это отражено в учебных планах и графиках учебного процесса, с которым каждый студент может ознакомиться у преподавателя дисциплины..

Главное в период обучения своей специальности - это научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения.

Четкое планирование своего рабочего времени и отдыха является необходимым условием для успешной самостоятельной работы. В основу его нужно положить рабочие программы изучаемых в семестре дисциплин, учебный план и расписание занятий вывешивается на 2-м этаже учебного корпуса. Рекомендуется не только ознакомиться с этими документами, но и изучить их.

Ежедневной учебной работе студенту следует уделять 9-10 часов своего времени, т.е. при 6 часах аудиторных занятий самостоятельной работе необходимо отводить 3-4 часа.

Каждому студенту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на завтра. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

Работа на лекции

На лекциях студенты получают самые необходимые данные, во многом дополняющие учебники (иногда даже их заменяющие с последними достижениями науки. Умение сосредоточенно слушать лекции, активно, творчески воспринимать излагаемые сведения является неперенным условием их глубокого и прочного усвоения, а также развития умственных способностей.

Слушание и запись лекций - сложные виды вузовской работы. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента. Слушая лекции, надо отвлекаться при этом от посторонних мыслей и думать только о том, что излагает преподаватель. Краткие записи лекций, конспектирование их помогает усвоить материал.

Внимание человека неустойчиво. Требуются волевые усилия, чтобы оно было сосредоточенным. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное. Это должно быть сделано самим студентом. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое "конспектирование" приносит больше вреда, чем пользы. Некоторые студенты просят иногда лектора "читать помедленнее". Но лекция не может превратиться в лекцию-диктовку. Это очень вредная тенденция, ибо в этом случае студент механически записывает большое количество услышанных сведений, не размышляя над ними.

Запись лекций рекомендуется вести по возможности собственными формулировками. Желательно запись осуществлять на одной странице, а следующую оставлять для проработки учебного материала самостоятельно в домашних условиях. Конспект лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Принципиальные места, определения, формулы следует сопровождать замечаниями: "важно", "особо важно", "хорошо запомнить" и т.п. Целесообразно разработать собственную "маркографию" (значки, символы), сокращения слов. Не лишним будет и изучение основ стенографии. Работая над конспектом лекций, всегда используй не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть знаниями.

Подготовка к сессии

Каждый учебный семестр заканчивается аттестационными испытаниями: зачетно - экзаменационной сессией. Подготовка к экзаменационной сессии и сдача зачетов и экзаменов является ответственным периодом в работе студента. Seriously подготовиться к сессии и успешно сдать все экзамены - долг каждого студента. Рекомендуется так организовать свою учебу, чтобы перед первым днем начала сессии были сданы и защищены все лабораторные работы, сданы все зачеты, выполнены другие работы, предусмотренные графиком учебного процесса.

Основное в подготовке к сессии - это повторение всего материала, курса или предмета, по которому необходимо сдавать экзамен. Только тот успевает, кто хорошо усвоил учебный материал.

Если студент плохо работал в семестре, пропускал лекции, слушал их невнимательно, не конспектировал, не изучал рекомендованную литературу, то в процессе подготовки к сессии ему придется не повторять уже знакомое, а заново в короткий срок изучать весь материал. А это зачастую оказывается невозможно сделать из-за нехватки времени. Для такого студента подготовка

к экзаменам будет трудным, а иногда и непосильным делом, а финиш - отчисление из учебного заведения.

В дни подготовки к экзаменам избегай чрезмерной перегрузки умственной работой, чередуй труд и отдых.

При подготовке к сдаче экзаменов старайся весь объем работы распределять равномерно по дням, отведенным для подготовки к экзамену, контролировать каждый день выполнения работы. Лучше, если можно перевыполнить план. Тогда всегда будет резерв времени.

10.2. Методические рекомендации для преподавателя

Одной из задач преподавателя, ведущего занятия по дисциплине, является выработка у бакалавров осознания важности, необходимости и полезности знания дисциплины для дальнейшей работы их инженерами-исследователями, при организации современного производства высококачественной, конкурентоспособной продукции.

Методическая модель преподавания дисциплины основана на применении активных методов обучения. Принципами организации учебного процесса являются:

- выбор методов преподавания в зависимости от различных факторов, влияющих на организацию учебного процесса;
- объединение нескольких методов в единый преподавательский модуль в целях повышения эффективности процесса обучения;
- активное участие слушателей в учебном процессе;
- приведение примеров применения изучаемого теоретического материала к реальным практическим ситуациям.

Используемые методы преподавания: лекционные занятия с использованием наглядных пособий и раздаточных материалов; метод «мозгового штурма», индивидуальные и групповые задания при проведении практических занятий.

Все виды занятий по дисциплине проводятся в соответствии с требованиями СТП. С целью более эффективного усвоения бакалаврами материала данной дисциплины рекомендуется при проведении лекционных занятий использовать наглядные пособия и раздаточные материалы. Для более глубокого изучения предмета бакалаврам представляется информация о возможности использования Интернет-ресурсов по разделам дисциплины.

Для контроля знаний бакалавров по данной дисциплине необходимо проводить рубежный и итоговый контроль.

Рубежный контроль. Бакалаврами по изучаемой дисциплине выполняются реферативные работы, доклады.

Контрольное тестирование. Этот метод включает в себя задания по всем темам раздела рабочей программы дисциплины.

Итоговый контроль осуществляется в виде зачета в конце 3 семестра и экзамена в конце 4 семестра.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

Перечень наглядных пособий

1. Слайды:

- 1.1 Элементы электрических схем и их модели.
- 1.2 Двухполюсники. Метод эквивалентного генератора.
- 1.3 Резонансные цепи.
- 1.4 Передаточные функции четырехполюсников.
- 1.5 Методы анализа нелинейных цепей.
- 1.6 Характеристики биполярного транзистора.
- 1.7 Усилители на биполярных транзисторах.
- 1.8 Операционные усилители.
- 1.9 Принципы модуляции и детектирования.

2. Плакаты:

- 2.1 Системы параметров четырехполюсников.
- 2.2 Эквивалентные схемы четырехполюсников.
- 2.3 Печатные платы
- 2.4 Набор активных и пассивных компонентов РЭА.
- 2.5 Набор коаксиальных кабелей.

4. Программы для ЭВМ:

- 4.1 Интегрированный пакет MATHCAD.
- 4.2 Интегрированный пакет ElectronicsWorkbench.

5. Презентации:

- 5.1 Линейные цепи постоянного тока
- 5.2 Линейные цепи гармонического тока
- 5.3 Основы работы в среде MATHCAD
- 5.4 Основы компьютерного моделирования в среде ElectronicsWorkbench.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

1. мультимедийная аудитория для чтения лекций (ауд.2-41);
2. компьютерный класс с локальной сетью для проведения практических и лабораторных занятий.