

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
(Новосибирский государственный университет, НГУ)
Физический факультет
Кафедра радиофизики



**Рабочая программа дисциплины
РАДИОЭЛЕКТРОНИКА**

направление подготовки: **03.03.02 Физика**
направленность (профиль): **Общая и фундаментальная физика**
Форма обучения
Очная

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	108	32	32		42			2		
4	72	16			34	18	2			2
Всего	180	48	32		76	18	2	2		2
Всего 180 часов / 5 зачетных единицы из них: - контактная работа 86 часов										
Компетенции ОПК-1										

Ответственный за образовательную программу,
д.ф.-м.н., проф..

Цыбуля С.В.

подпись

Новосибирск 2022

Содержание

Аннотация	3
1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	5
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	6
3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.....	6
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий	7
5. Перечень учебной литературы	15
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.	16
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	17
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.	17
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	17
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	18

Аннотация

к рабочей программа дисциплины «Радиоэлектроника» Направление подготовки: 03.03.02 Физика Направленность (профиль): Общая и фундаментальная физика

Программа курса ««Радиоэлектроника»» составлена в соответствии с требованиями СУОС к уровню бакалавриата по направлению подготовки **03.03.02 Физика**, а также задачами, стоящими перед Новосибирским государственным университетом по реализации Программы развития НГУ. Дисциплина реализуется на физическом факультете Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (НГУ) кафедрой радиофизики. Дисциплина изучается студентами второго курса физического факультета в 3 и 4 семестрах.

Дисциплина «Радиоэлектроника» имеет своей целью:

- Ознакомление с теорией электрическими цепей, физическими основами работы и принципами функционирования элементов радиоэлектронных устройств, изучение основных характеристик, параметров и важнейших свойств, определяющих их применение,
- Обучение основным методам расчета электрических цепей, принципам построения и функционирования радиоэлектронных устройств.

В основу программы положено содержание курса лекций по теории электрических цепей и радиоэлектронных устройств, который в течение ряда лет преподавался студентам-физикам Новосибирского государственного университета.

Лекции охватывают широкий круг вопросов и, соответственно, включают значительное количество материала, в том числе, методы анализа электрических цепей, принципы работы базовых элементов (прежде всего, полупроводниковых) электронных устройств и основы функционирования интегральных схем (операционных усилителей, цифровой логики).

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника общепрофессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
<p>ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности</p>	<p>ОПК-1.1. Применяет математический аппарат, теоретические и методологические основы математических дисциплин для решения профессиональных задач в области физики и смежных с ней областях.</p> <p>ОПК -1.2. Использует теоретические основы базовых разделов математических и естественнонаучных дисциплин при решении профессиональных задач в области физики и смежных с ней областях.</p> <p>ОПК-1.4 Использует терминологию и понятийный аппарат базовых физико-математических дисциплин.</p>	<p>Знать понятия электрической цепи, основные методы расчета процессов в цепях; ограничения используемых методов расчета процессов в электрических цепях и применяемых моделей замещения электронных приборов; основы теории полупроводников, структуры и свойства важнейших электронных приборов.</p> <p>Уметь рассчитывать параметры электрической цепи; выполнять разумную идеализацию электрической цепи; подбирать измерительную аппаратуру для решения конкретных физических задач.</p> <p>Владеть методами расчета линейных электрических цепей, методами линеаризации нелинейных электрических цепей; методами применения моделей замещения электронных приборов; методами</p>

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
		анализа протекающих процессов при создании как систем регистрации и управления для физического эксперимента, так и систем питания электрофизических установок; навыками использования современных радиоэлектронных устройств при проведении физических исследований и при решении прикладных задач на основе фундаментальных знаний.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента (домашние задания, задания для самостоятельного решения), контроль самостоятельной работы студента, зачет в 3й семестре, экзамен в 4 семестре.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль успеваемости: на практических занятиях: коллоквиум (теоретический опрос), домашние задания, контрольные работы, задания для самостоятельного решения, прием заданий по решению трех месячных заданий по 18 задач в каждом. Кроме того, проводятся две потоковые контрольные работы.

Промежуточная аттестация: зачет, экзамен.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет **5** зачетных единиц / **180** академических часов.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Дисциплина (курс) «Радиоэлектроника» имеет своей целью ознакомление с теорией электрическими цепей, физическими основами работы и принципами функционирования элементов радиоэлектронных устройств, изучение основных характеристик, параметров и важнейших свойств, определяющих их применение; обучение студентов-физиков основным методам расчета электрических цепей, принципам построения, функционирования радиоэлектронных устройств.

Необходимость данной дисциплины обусловлена тем, что получение информации в ходе физического эксперимента, ее дальнейшее преобразование (включая обработку в ЭВМ), а также управление экспериментальными установками осуществляется почти исключительно сигналами в электрической форме. Поэтому в настоящее время работа в большинстве областей физики не возможна без того или иного (от поверхностного до углубленного – в зависимости от требований специализации) знания физиком методов расчета, принципов построения и функционирования электрических цепей и радиоэлектронных устройств.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника общепрофессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
<p>ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности</p>	<p>ОПК-1.1. Применяет математический аппарат, теоретические и методологические основы математических дисциплин для решения профессиональных задач в области физики и смежных с ней областях.</p> <p>ОПК -1.2. Использует теоретические основы базовых разделов математических и естественнонаучных дисциплин при решении профессиональных задач в области физики и смежных с ней областях.</p> <p>ОПК-1.4 Использует терминологию и понятийный аппарат базовых физико-математических дисциплин.</p>	<p>Знать понятия электрической цепи, основные методы расчета процессов в цепях; ограничения используемых методов расчета процессов в электрических цепях и применяемых моделей замещения электронных приборов; основы теории полупроводников, структуры и свойства важнейших электронных приборов.</p> <p>Уметь рассчитывать параметры электрической цепи; выполнять разумную идеализацию электрической цепи; подбирать измерительную аппаратуру для решения конкретных физических задач.</p> <p>Владеть методами расчета линейных электрических цепей, методами линеаризации нелинейных электрических цепей; методами применения моделей замещения электронных приборов; методами анализа протекающих процессов при создании как систем регистрации и управления для физического эксперимента, так и систем питания электрофизических установок; навыками использования современных радиоэлектронных устройств при проведении физических исследований и при решении прикладных задач на основе</p>

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
		фундаментальных знаний.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Радиоэлектроника» реализуется кафедрой радиофизики в осеннем и весеннем семестрах 2 курса для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки **03.03.02 Физика**. Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зачётных единиц, 180 академических часа.

Дисциплина «Радиоэлектроника» опирается на следующие дисциплины данной образовательной программы:

- Математический анализ;
- Дифференциальные уравнения;
- Высшая алгебра;
- Функциональный анализ;
- Электродинамика;
- Термодинамика и статистическая физика;
- Физика твердого тела.

Результаты освоения дисциплины используются в следующих дисциплинах данной ООП:

- Лабораторные работы по курсу «Практикум РЭЛ»;
- Теория линейных электронных схем
- Введение в физику циклических ускорителей
- Теория сигналов
- Импульсная техника

Освоение дисциплины «Радиоэлектроника» необходимо при подготовке и выполнении выпускной квалификационной работы.

3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	108	32	32		42			2		
4	72	16			34	18	2			2
Всего	180	48	32		76	18	2	2		2
Всего 180 часов / 5 зачетных единицы из них: - контактная работа 86 часов										
Компетенции ОПК-1										

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента (домашние задания, задания для самостоятельного решения), контроль самостоятельной работы студента, зачет в 3й семестре, экзамен в 4 семестре.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль успеваемости: на практических занятиях – коллоквиум (теоретический опрос), домашние задания, контрольные работы, задания для самостоятельного решения, прием заданий по решению трех месячных заданий по 18 задач в каждом. Кроме того, проводятся две потоковые контрольные работы.

Промежуточная аттестация: зачет (3й семестр), экзамен (4-й семестр).

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 5 зачетных единиц:

- занятия лекционного типа – 48 часов;
- практические занятия – 32 часа;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестров, не включая период сессии – 76 часов;
- промежуточная аттестация (зачет, подготовка к сдаче экзамена, консультация и экзамен) – 24 часов;

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (лекции, практические занятия, групповые консультации, экзамен) составляет 86 часов.

Работа с обучающимися в интерактивных формах (практические занятия) составляет 32 часа.

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий

Дисциплина «Радиоэлектроника» представляет собой годовой курс, читаемый на 2-ом курсе физического факультета НГУ в третьем и четвертом семестрах. Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 академических часов.

Данный курс является важной дисциплиной для студентов-физиков. Основное внимание при изложении материала обращено на методы расчета цепей и на принципы действия наиболее распространенных радиоэлектронных приборов, их основные характеристики и параметры. Рассмотрение строится так, чтобы эти вопросы можно было легко понять без чрезмерно сложного теоретического анализа, требующего увеличения объема курса. Устройства и конструкции приборов рассмотрены в объеме, достаточном для объяснения принципа действия, понимания особенностей применения этих приборов.

Аналогичные дисциплины преподаются в НГТУ города Новосибирска, на физических факультетах МГУ и МФТИ, в других вузах в нашей стране и за рубежом.

Основной отличительной чертой курса является рассмотрение как математических методов описания электрических цепей (в частности, основ теории линейных операторов), так и способов, и элементов построения практических радиоэлектронных схем.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Консультации перед экзаменом (часов)	Промежуточная аттестация (в часах)
				Всего	Аудиторные часы		Сам. работа в течение семестра (не включая период сессии)	Сам. работа в период сессии		
					Лекции (кол-во часов)	Практические занятия (кол-во часов)				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Электрические цепи - основные свойства, методы расчета, процессы										
1	Основные понятия теории электрических цепей	3	1	6	2	2	2			
2	Мощность в электрической цепи. Электрические цепи постоянного и переменного тока	3	2	8	2	2	4			
3	Основные методы расчета линейных электрических цепей	3	3,4	11	4	4	3			
4	Электрические цепи переменного тока: применение комплексных чисел и векторных диаграмм к расчету электрических цепей	3	5	8	2	2	4			
5	Резонансные процессы в электрических цепях	3	6,7	11	4	4	3			
6	Электрические цепи с распределенными параметрами	3	8	8	2	2	4			
7	Переходные процессы в линейных электрических цепях.	3	9	9	2	2	5			
8	Операторные методы расчета электрических цепей.	3	10 11	12	4	4	4			
9	Нелинейные цепи	3	12	6	2	2	2			
10	Модуляция, виды модуляции		13	6	2	2	2			
Элементы радиоэлектронных устройств										
11	Трансформатор	3	14	7	2	2	3			
12	Вакуумные электронные приборы. Газоразрядные (ионные) приборы	3	15	8	2	2	4			
13	Полупроводниковые приборы. Полупроводники и их свойства	3	16	6	2	2	2			
15	Зачет	3	17	2						2
	ИТОГО за семестр			108	32	32	42	0	0	2
16	Полупроводниковые приборы: транзисторы	4	1,2	6	4	–	2			
17	Полупроводниковые приборы: переключающие элементы.	4	3	4	2	–	2			
Структура и функционирование типовых радиоэлектронных схем										
19	Отрицательная обратная связь (ООС). Использование операционных усилителей.	4	4	10	2	–	8			

20	Генераторы гармонических сигналов и сигналов специальной формы.	4	5	6	2	–	4			
21	Основы цифровой техники. Базовые и составные операции формальной логики. Триггеры.	4	6	8	2	–	6			
21	Микропроцессорные элементы, программируемые логические массивы. Перспективы развития цифровой техники.	4	7	8	2	–	6			
22	Цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи.	4	8	8	2	–	6			
23	Самостоятельная подготовка обучающегося к экзамену			18		–		18		
24	Групповая консультация			2		–			2	
25	Экзамен			2						2
	ИТОГО за 4й семестр			72	16	0	34	18	2	2
	Всего по дисциплине			180	48	32	76	18	2	4

Программа и основное содержание лекций (180 часов)

Электрические цепи - основные свойства, методы расчета, процессы (26 часов)

Основные понятия теории электрических цепей (2 часа)

Электрические цепи. Пассивные и активные элементы цепи. Закон Ома для полной цепи. Источник напряжения и источник тока. Вольтамперные характеристики. Законы Кирхгофа.

Мощность в электрической цепи. Электрические цепи постоянного и переменного тока (2 часа)

Понятие мощности на элементе электрической цепи, закон Джоуля-Ленца. Реактивные элементы: электрический конденсатор и катушка индуктивности. Цепи постоянного и переменного тока.

Основные методы расчета линейных электрических цепей (4 часа)

Методы расчета электрических цепей: метод контурных токов и метод узловых потенциалов. Матричный метод расчета электрических цепей, метод графов. Полезные свойства методов расчета электрических цепей: Свойство обратимости пассивной электрической цепи, принцип суперпозиции, теорема наложения и теорема об эквивалентном источнике.

Электрические цепи переменного тока: применение комплексных чисел и векторных диаграмм к расчету электрических цепей (2 часа)

Синусоидальный ток в сопротивлении, индуктивности и емкости. Символический метод. Применение комплексных чисел и векторных диаграмм к расчету электрических цепей. Метод комплексных амплитуд.

Резонансные процессы в электрических цепях (4 часа)

Резонансные процессы в электрических цепях. Вынужденные колебания в последовательном колебательном контуре. Резонанс напряжений. Резонансные характеристики контура. Параллельный колебательный контур. Резонанс токов. Влияние параметров нагрузки на избирательные характеристики резонансных контуров. Связанные контура.

Электрические цепи с распределенными параметрами (2 часа)

Электрические цепи с распределенными параметрами. Длинные линии. Телеграфные уравнения. Согласованная нагрузка. Частотные характеристики цепей с распределенными параметрами.

Переходные процессы в линейных электрических цепях (2 часа)

Переходные процессы в линейных электрических цепях. Законы коммутации. Классический метод расчета. Принужденный и свободный режимы. Начальные условия.

Операторные методы расчета электрических цепей (4 часа)

Операторные методы расчета электрических цепей: метод Фурье, метод Лапласа.

Нелинейные цепи (2 часа)

Нелинейные цепи. Характеристики нелинейных элементов. Прохождение сигналов через нелинейные цепи. Умножение частоты. Преобразование частоты. Модуляция и детектирование. Выпрямление переменного тока.

Модуляция, виды модуляции (2 часа)

Модуляция, виды модуляции. Амплитудно-модулированные (АМ) колебания. Спектральная и векторная характеристика АМ колебания. DSB и SSB модуляции, их достоинства. Угловая модуляция. Спектры и параметры ЧМ, ФМ колебаний. Способы осуществления модуляции гармонических колебаний.

Элементы радиоэлектронных устройств (12 часов)

Трансформатор (2 часа)

Трансформатор – принципы действия, схема замещения, конструкции.

Вакуумные электронные приборы. Газоразрядные (ионные) приборы (2 часа)

Вакуумные электронные приборы: диоды и триоды, их параметры; многоэлектродные лампы.

Газоразрядные (ионные) приборы: Неоновая лампа, релаксационный генератор, тиратрон.

Полупроводниковые приборы. Полупроводники и их свойства (2 часа)

Полупроводниковые приборы. Полупроводники и их свойства. Основные понятия зонной теории. Электронная и дырочная проводимость. Варисторы, термисторы, фоторезисторы. Электронно-дырочный переход. Полупроводниковые диоды и их параметры. Пробой p-n перехода, виды пробоя. Емкость p-n-перехода, варикапы.

Полупроводниковые приборы: транзисторы (4 часа)

Транзисторы. Устройство и принцип действия биполярного транзистора. Параметры, характеристики и схемы замещения. Частотные свойства транзисторов, эквивалентные схемы на высоких частотах. Работа транзисторных каскадов в режиме линейного усиления сигналов. Параметры и характеристики каскадов. Местные обратные связи, стабилизация режимов. Шумы транзисторных каскадов.

Полупроводниковые приборы: переключающие элементы (2 часа)

Работа биполярного транзистора в ключевом режиме. Полевые транзисторы, их характеристики и параметры. Работа полевого транзистора в ключевом режиме. Полупроводниковые приборы других типов. Полупроводниковые переключающие элементы. Комбинированные полупроводниковые приборы.

Структура и функционирование типовых радиоэлектронных схем (10 часов)

Отрицательная обратная связь (ООС). Использование операционных усилителей (2 часа)

Отрицательная обратная связь (ООС). Обратная связь по току и по напряжению, ООС последовательного и параллельного типа. Влияние ООС на усиление, полосу пропускания и нелинейные искажения. Использование ООС в схемах на операционных усилителях.

Генераторы гармонических сигналов и сигналов специальной формы (2 часа)

Генерирование гармонических колебаний. Генераторы с RC-цепями. Генератор с LC-контуром.

Генераторы сигналов специальной формы.

Основы цифровой техники. Базовые и составные операции формальной логики. Триггеры. (2 часа)

Основы цифровой техники. Базовые и составные операции формальной логики, двоичная запись целых чисел. Элементы 2И-НЕ и 2ИЛИ-НЕ и их таблицы истинности. Типы логических элементов. Комбинационные логические схемы: дешифраторы, коммутаторы, схемы совпадения. Асинхронные и синхронные триггеры. Сдвиговые регистры, преобразование параллельного кода в последовательный и обратно. Счетчики.

Микропроцессорные элементы, программируемые логические массивы. Перспективы развития цифровой техники. (2 часа)

Устройство микропроцессорного элемента. Типы архитектуры процессора. Системы на кристалле. Устройство программируемой логической матрицы. Перспективы развития цифровой техники.

Цифро-аналоговые и аналогово-цифровые преобразователи. (2 часа)

Цифро-аналоговые и аналогово-цифровые преобразователи. Интегральная и дифференциальная нелинейности. Типы цифро-аналоговых преобразователей: ЦАП-ШИМ, ЦАП с R-2R матрицей, ЦАП на коммутаторах тока. Компаратор. Типы аналогово-цифровых преобразователей: интегрирующие АЦП, Σ - Δ -АЦП, АЦП поразрядного уравнивания, АЦП на коммутируемых конденсаторах, конвейерные АЦП.

Программа и основное содержание практических занятий (32 часа)

1. Общие понятия об электрических цепях.

Общий способ описания электрических цепей. Электрическая цепь. Пассивные и активные элементы цепи. Критерий линейности электрической цепи. Ветви и узлы разветвленной цепи. Напряжения, токи, закон Ома для элементов электрической цепи. Источники. Обобщенный закон Ома.

Задания

- 1.1. Согласованность выбора направлений токов и напряжений.
- 1.2. Условия эквивалентности реальных источников тока и напряжения.
2. Электрические цепи постоянного тока.

Эквивалентные преобразования цепей. Метод эквивалентного источника. Метод, основанный на использовании законов Кирхгофа. Метод суперпозиции (наложения). Метод контурных токов. Метод узловых напряжений (потенциалов). Преобразование звезды в треугольник и треугольника в звезду. Мощность в цепях постоянного электрического тока.

Задания

2.1. Метод короткого замыкания (к.з.) и холостого хода (х. х.) для определения параметров эквивалентного генератора.

2.2. Расчеты электрических цепей с использованием законов Кирхгофа и эквивалентности представления реальных источников схемами источников напряжения и тока ограниченной мощности.

2.3. Расчеты цепей в установившемся режиме методами: а) эквивалентных преобразований; б) контурных токов; в) узловых потенциалов; г) суперпозиции; д) эквивалентного источника.

2.4. Согласование источника энергии с нагрузкой.

3. Электрические цепи переменного синусоидального тока.

Синусоидальный ток и его основные характеристики. Общая система линейных интегро-дифференциальных уравнений электрической цепи (математическая модель цепи). Способы ее составления. Действующие и амплитудные значения токов и напряжений. Законы Ома и Кирхгофа в комплексной форме. Комплексная мощность. Векторные диаграммы цепей. Трехфазные цепи синусоидального переменного тока.

Задания

3.1. Расчеты электрических цепей с использованием законов Ома и Кирхгофа в комплексной форме с применением векторных диаграмм.

3.2. Энергетические процессы в цепях – баланс мощностей.

4. Резонансные процессы в электрических цепях.

Резонансные и собственные частоты. Метод характеристического уравнения для определения комплексных собственных частот (затухания и резонансной частоты). Параметры последовательного и параллельного колебательных контуров. Многорезонансные цепи.

Задания

- 4.1. Расчет параметров последовательного и параллельного колебательных контуров.
- 4.2. Влияние параметров нагрузки и генератора на параметры колебательного контура.
- 4.3. Избирательные свойства колебательных контуров.
- 5. Переходные процессы в линейных электрических цепях.

Общий подход к анализу переходных процессов. Законы коммутации. Методы расчета. Классический метод расчета на основе системы интегро-дифференциальных уравнений. Операторный метод.

Задания

- 5.1. Использование законов коммутации, принципов непрерывности потокосцепления и электрического заряда совместно с уравнениями Кирхгофа для нахождения начальных условий.
- 5.2. Анализ переходных процессов: а) классическим методом; б) операторный методом.
- 6. Нелинейные электрические цепи.

Теоретические сведения. Диод в качестве нелинейного элемента электрической цепи.

Задания

- 6.1. Расчет схем при наличии в них диодов.
- 7. Операционные усилители.

Инвертирующие и не инвертирующие операционные усилители. Обратная связь. Основные схемы сумматоров, дифференциаторов, интеграторов, генераторов и компараторов на основе операционных усилителей.

Задания

- 7.1. Расчёт схем на постоянном и переменном токе.
- 7.2. Расчёт параметров основных схем

Самостоятельная работа студентов (94 часа)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
3й семестр	42
Повторение материала лекций практических занятий в течение семестра	8
Выполнение домашних заданий	8
Выполнение семестровых заданий	26
4й семестр	52
Повторение материала лекций в течение семестра	34
Подготовка к промежуточной аттестации	18

Далее даны примеры задач семестровых заданий для самостоятельной работы. Практически все задачи допускают решение несколькими различными методами. Однако предпочтительными являются решения, основанные на свойствах цепи и протекающих в ней процессов, поскольку такие решения являются наиболее компактными и показывают понимание студентом материала.

Задание 1. Методы расчета линейных электрических цепей.

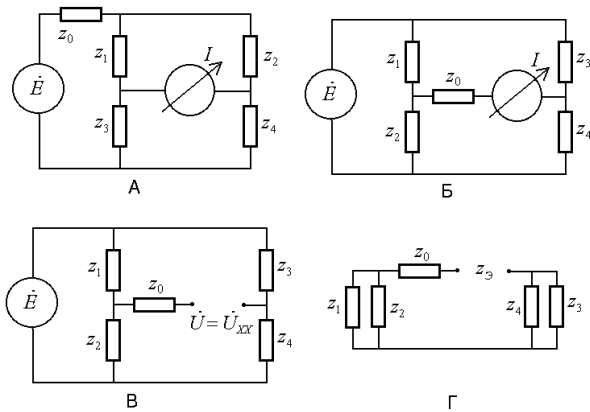


Рис. 1

1. Определить ток, протекающий в диагонали разбалансированного моста Уитстона при питании от источника с конечным внутренним сопротивлением (схема рис. 1А).

Методы решения задачи: возможно использование методов контурных токов либо узловых потенциалов, возможно применение преобразования звезда-треугольник.

Кроме того, в силу линейности цепи, возможно использование свойства обратимости. Это позволяет рассчитывать ток измерительного прибора после перестановки его и генератора напряжения (рис. 1Б).

Искомый ток при этом является током короткого замыкания эквивалентного источника, напряжение холостого хода которого есть напряжение на разомкнутой диагонали моста рис. 1В:

$$\dot{U} = \dot{U}_{XX} = \dot{E} \left(\frac{z_2}{z_1 + z_2} - \frac{z_4}{z_3 + z_4} \right).$$

Внутреннее сопротивление эквивалентного источника легко рассчитывается после исключения генератора напряжения (рис. 1Г):

$$z_{\text{Э}} = z_0 + (z_1 \parallel z_2) + (z_3 \parallel z_4) = z_0 + \frac{z_1 z_2}{z_1 + z_2} + \frac{z_3 z_4}{z_3 + z_4}$$

(где знак \parallel обозначает параллельное соединение сопротивлений).

Соответственно, комплексная амплитуда искомого тока будет

$$\dot{I}_u = \dot{I}_{K3} = \frac{\dot{U}}{z_{\text{Э}}} = \dot{E} \frac{\frac{z_2}{z_1 + z_2} - \frac{z_4}{z_3 + z_4}}{z_0 + \frac{z_1 z_2}{z_1 + z_2} + \frac{z_3 z_4}{z_3 + z_4}} = \dot{E} \frac{z_2 z_3 - z_1 z_4}{z_0 (z_1 + z_2)(z_3 + z_4) + z_1 z_2 (z_3 + z_4) + z_3 z_4 (z_1 + z_2)},$$

а действительная величина регистрируемого прибором тока есть $|\dot{I}_u|$.

Задание 2. Колебательный контур.

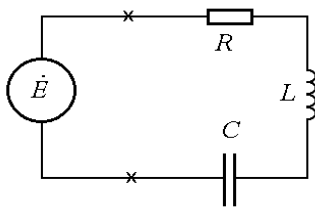


Рис. 2

2. Определить частоты ω_C и ω_L , на которых напряжения на реактивных элементах последовательного колебательного контура (рис. 2) достигают максимумов.

Возможен следующий ход решения. Полное сопротивление RLC-контура на частоте ω есть

$$z = R + j \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) = R \left[1 + j Q \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right) \right],$$

где $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ - резонансная частота, а $Q = \frac{\sqrt{L}}{R}$ - добротность контура. Соответственно, комплексный коэффициент передачи напряжения источника на емкость (отношение напряжения на емкости \dot{U}_C к ЭДС источника и, соответственно, к сумме падений напряжений на всех пассивных элементах цепи) есть отношение комплексного сопротивления емкости к сопротивлению z :

$$K_C = \frac{\dot{U}_C}{\dot{E}} = \frac{-jx_C \dot{I}}{z \dot{I}} = \frac{1}{j\omega C R \left[1 + jQ \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right) \right]} = \frac{-jQ}{\omega_0 \left[1 + jQ \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right) \right]},$$

где $\dot{I} = \dot{E} / z$ - комплексная амплитуда тока в цепи.

Максимуму напряжения на емкости будет соответствовать максимум модуля этого коэффициента передачи

$$|K_C| = \frac{Q}{\sqrt{\left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^2 + Q^2 \left(\frac{\omega^2}{\omega_0^2} - 1 \right)^2}} = \frac{Q}{\sqrt{Q^2 \frac{\omega^4}{\omega_0^4} - (2Q^2 - 1) \frac{\omega^2}{\omega_0^2} + Q^2}}$$

- что для данной дроби может быть найдено как точка минимума подкоренного выражения знаменателя как функции отношения $\frac{\omega^2}{\omega_0^2}$ - т.е. как экстремум соответствующего квадратного трехчлена.

Это дает частоту

$$\omega_C = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{1}{2Q^2}}.$$

Или, при не слишком малой добротности контура

$$\omega_C \approx \left(1 - \frac{1}{4Q^2} \right) \omega_0.$$

Комплексный коэффициент передачи напряжения источника на индуктивность (отношение напряжения на индуктивности \dot{U}_L к сумме падений напряжений на пассивных элементах цепи) есть отношение ее комплексного сопротивления к z :

$$K_L = \frac{\dot{U}_L}{\dot{E}} = \frac{jx_L \dot{I}}{z \dot{I}} = \frac{j\omega L}{R \left[1 + jQ \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right) \right]} = \frac{jQ}{\omega_0 \left[1 + jQ \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right) \right]}.$$

Максимуму напряжения на индуктивности будет соответствовать максимум модуля коэффициента передачи

$$|K_L| = \frac{Q}{\sqrt{\left(\frac{\omega_0}{\omega} \right)^2 + Q^2 \left(1 - \frac{\omega_0^2}{\omega^2} \right)^2}} = \frac{Q}{\sqrt{Q^2 \frac{\omega_0^4}{\omega^4} - (2Q^2 - 1) \frac{\omega_0^2}{\omega^2} + Q^2}}$$

- что для данной дроби может быть найдено как точка минимума подкоренного выражения знаменателя как функции отношения $\frac{\omega_0^2}{\omega^2}$ - что снова сводится к экстремуму квадратного трехчлена и дает частоту

$$\omega_L = \frac{\omega_0}{\sqrt{1 - \frac{1}{2Q^2}}}.$$

И, при не слишком малой добротности контура

$$\omega_L \approx \left(1 + \frac{1}{4Q^2} \right) \omega_0.$$

Задание 3. Переходные процессы.

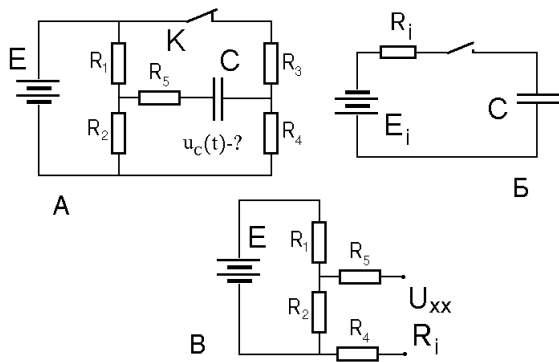


Рис. 3

3. Для схемы на рис. 3А определить зависимость напряжения на конденсаторе С от времени после размыкания ключа К. Полагать, что в исходном состоянии резистивный мост сбалансирован.

Методы решения задачи: возможно применение классического подхода (построение и прямое интегрирование дифференциального уравнения переходного процесса), а также использование методов Лапласа или Фурье.

Но наиболее компактное решение данной задачи может быть получено при переходе от исходной схемы к заряду конденсатора от эквивалентного генератора (схема рис. 3Б), причем начальные условия на конденсаторе – нулевые (в силу баланса моста до коммутации). Соответственно, решение имеет вид

$$u_C(t) = E_i \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{R_i C}\right) \right].$$

Здесь E_i и R_i – ЭДС и внутреннее сопротивление эквивалентного источника,

которые легко могут быть найдены после упрощения исходной схемы (что дает схему рис. 3В).

Напряжение холостого хода на выходе схемы рис. 3В есть $U_{xx} = E \frac{R_3}{R_1 + R_3}$ (определяется делителем

R_1 и R_3), а ее выходное сопротивление $R_i = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} + R_4 + R_5$ (делитель R_1 и R_3 с добавленными сопротивлениями R_4 и R_5).

Поскольку $E_i = U_{xx}$, то искомым переходной процесс может быть сразу записан как

$$u_C(t) = E \frac{R_3}{R_1 + R_3} \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{C \left(\frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} + R_4 + R_5 \right)} \right) \right].$$

5. Перечень учебной литературы

5.1. Основная литература

Учебно-методические материалы к теоретическому курсу «Радиоэлектроника»

1. Федотов М.Г. Конспекты лекций "Основы радиоэлектроники": <http://www.inp.nsk.su/students/radio/2011/Le/index.html> (свободный доступ)
2. Федотов М.Г. "Преобразование Фурье и анализ линейных цепей и систем (учебное пособие, часть I)": <http://www.inp.nsk.su/students/radio/2011/Le/index.html> (свободный доступ)
3. Семестровые задания по основам радиоэлектроники URL: <http://www.inp.nsk.su/students/radio/2013/REL/tasks.pdf> (свободный доступ)
4. Ерохин А.И. Сборник типовых задач с решениями для семинарских занятий по курсу "Радиоэлектроника". Учеб. пособие / Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 2013. – 59 с. URL: <http://www.inp.nsk.su/students/radio/lectures/REL/Erokhin.pdf>
5. Веремеенко В.Ф. Электротехника и радиотехника: Метод. пособие для семинарских занятий / Новосибирск, 2002. 100с. Тираж 300 экз.
6. Беликов О.В., Веремеенко В.Ф., Чупыра А.Г. Основы радиоэлектроники: Учеб. пособие / Новосибирск, 2010. 112 с. Тираж 200 экз. URL: http://www.inp.nsk.su/students/radio/lectures/REL/M_REL.pdf

7. Мищенко А.М. Линейные электрические цепи: основы теории и задачи: Учеб. пособие / Новосибирск, 2009. 184 с. Тираж 200 экз.
8. Мищенко А.М. Основы аналоговой электроники: Учеб. пособие / Новосибирск, 2009. 216 с. Тираж 200 экз.
9. Атабеков Г.И. Основы теории цепей : учебник. 5-е изд., Санкт-Петербург : Лань, 2020. 424 с..
URL: <https://e.lanbook.com/book/129222>
10. Атабеков Г. И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи : учеб. пособие.— Изд. 6-е, стер. — Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2008.
11. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи: [Учебник] / М.: Гардарики, 2000, 2001 или 2002. 638 с.

Учебно-методическая литература, рекомендованная для практических занятий:

- 1 Веремеенко В.Ф. Электротехника и радиотехника: Метод. пособие для семинарских занятий / Новосибирск, 2002. 100с. Тираж 300 экз.
- 2 Беликов О.В., Веремеенко В.Ф., Чупыра А.Г. Основы радиоэлектроники: Учеб. пособие / Новосибирск, 2010. 112 с. Тираж 200 экз.
- 3 Мищенко А.М. Линейные электрические цепи: основы теории и задачи: Учеб. пособие / Новосибирск, 2009. 184 с. Тираж 200 экз.
- 4 Мищенко А.М. Основы аналоговой электроники: Учеб. пособие / Новосибирск, 2009. 216 с. Тираж 200 экз.
- 5 Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы : [Учебник для радиотехн. спец. вузов] / И.С. Гоноровский . 2-е изд., перераб. М. : Сов. радио, 1971 .— 671 с.
- 6 Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. М.:Мир, любое издание.
- 7 Атабеков Г.И. Теоретические основы электротехники. Ч.1. СПб.: Лань, 2010.

5.2. Дополнительная литература

1. Атабеков Г.И., Купалян С.Д., Тимофеев А.Б., Хухриков С.С. Теоретические основы электротехники: учебник для вузов : в 3 ч. - Ч.2-3: Нелинейные цепи. Электромагнитное поле / под ред. Г. И. Атабекова.— 2-е изд., испр. и доп. — М. : Энергия, 1966.
2. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Сов. радио, любой год.
3. Тамм И.Е. Основы теории электричества. М.: Физматлит, 2003.
4. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. Т.1,2. М.: Мир, Бином. любой год изд.
5. Мищенко А.М. Лекции по электротехнике. Новосибирск, НГУ, 2003.
6. Джонс М.Х. Электроника - практический курс = A practical introduction to electronic circuits (Пер. с англ. Е.В. Воронова, А.Л. Ларина).— Москва : ПОСТМАРКЕТ, 1999.
7. Прянишников В.А. Электроника : Курс лекций / В.А. Прянишников .— 2-е изд., испр. и доп. — СПб. : Корона-Принт, 2000.
8. Сборник задач и упражнений по курсу "Основы электротехники и радиоэлектроники" / [Сост.В.А.Богатырева] .— Новосибирск : НГУ, 1971 .
9. Бару С.Е. Ядерная электроника : Учеб. пособие ; Новосиб. гос. ун-т .— Новосибирск : НГУ, 1995.
10. Кравченко А.Ф. Физические основы функциональной электроники : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по группе специальностей "Электронная техника, радиотехника и связь" (отв. ред. И.Г. Неизвестный) ; Федер. целевая программа "Гос. поддержка интеграции высш. образования и фундам. науки на 1997-2000 годы .— Новосибирск : Изд-во Новосиб. ун-та, 2000.
11. Пятков С. Г. Преобразование Лапласа : метод. пособие / Новосиб. гос. ун-т; Высш. колледж информатики .— Новосибирск : НГУ, 1996 .
12. Александров В. А. Преобразование Фурье : учебное пособие / М-во образования Рос. Федерации, Новосиб. гос. ун-т, Физ. фак .— Новосибирск : Новосибирский государственный университет, 2002 .

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.

Самостоятельная работа студентов поддерживается следующими учебными пособиями, написанными преподавателями кафедры радиофизики:

1. Электронный курс РЭЛ <https://el.nsu.ru/course/view.php?id=1209>
2. Федотов М.Г. Конспекты лекций "Основы радиоэлектроники": (свободный доступ) <http://www.inp.nsk.su/students/radio/2011/Le/index.html>

2. Федотов М.Г. "Преобразование Фурье и анализ линейных цепей и систем (учебное пособие, часть I)" : <http://www.inp.nsk.su/students/radio/2011/Le/index.html>
3. Семестровые задания по основам радиоэлектроники URL (свободный доступ): <http://www.inp.nsk.su/students/radio/2013/REL/tasks.pdf>
4. Ерохин А.И. Сборник типовых задач с решениями для семинарских занятий по курсу "Радиоэлектроника". Учеб. пособие / Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 2013. – 59 с. (свободный доступ) URL: <http://www.inp.nsk.su/students/radio/lectures/REL/Erokhin.pdf>
5. Веремеенко В.Ф. Электротехника и радиотехника: Метод. пособие для семинарских занятий / Новосибирск, 2002. 100с. Тираж 300 экз.
6. Беликов О.В., Веремеенко В.Ф., Чупыра А.Г. Основы радиоэлектроники: Учеб. пособие / Новосибирск, 2010. 112 с. Тираж 200 экз.
7. Мищенко А.М. Линейные электрические цепи: основы теории и задачи: Учеб. пособие / Новосибирск, 2009. 184 с. Тираж 200 экз.
8. Мищенко А.М. Основы аналоговой электроники: Учеб. пособие / Новосибирск, 2009. 216 с. Тираж 200 экз.

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

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

7.1 Современные профессиональные базы данных

Не используется

7.2. Информационные справочные системы

Не используются.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для реализации дисциплины «Радиоэлектроника» используются учебные аудитории для проведения лекционных занятий, практических занятий, текущего контроля, промежуточной аттестации.

Учебные аудитории укомплектованы техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Есть возможность использования мультимедийного проектора, компьютера, интернет-библиотек, серверов Университета и Института ядерной физики.

Доступ к информационным ресурсам:

- на сайте кафедры <http://www.inp.nsk.su/students/radio/index.ru.shtml>
- к электронному курсу РЭЛ <https://el.nsu.ru/course/view.php?id=1209>

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль обучения производится на практических занятиях: коллоквиум (теоретический опрос), домашние задания, контрольные работы, задания для самостоятельного решения, прием заданий по решению трех месячных заданий по 18 задач в каждом. Кроме того, проводятся две потоковые контрольные работы.

Промежуточная аттестация для контроля усвоения дисциплины учебным планом предусмотрен зачет (3 семестр), экзамен (4 семестр).

Промежуточная аттестация (осенний семестр) – зачет

По результатам работы на семинарах и сдачи семестрового задания студент в осеннем семестре получает зачет. Важнейшим критерием зачета является усвоение заявленных компетенций (освоение компетенций оценивается по двухбалльной шкале «сформирована / не сформирована»). Зачет по дисциплине выставляется в том случае, если заявленные компетенции сформированы.

По результатам работы на практических занятиях и сдачи заданий выставляется балльная оценка за работу в семестре (РС). Оценка за РС учитывает уровень усвоения компетенций: активность студента при контрольном опросе на знание материала лекций, посещаемость и качество решения задач семестрового задания (см. табл. «Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения...»).

Семестровые задания сформированы как наборы типовых задач по темам "линейные электрические цепи", "колебательные контура" и "переходные процессы". При активной работе студента на практических занятиях и успешной сдаче более 75% процентов задач по каждой теме выставляется оценка РС=5, при успешном решении и сдаче более 60% процентов задач выставляется оценка РС=4, при решении и сдаче 50 % задач – РС=3. При не достаточном объеме решенных задач выставляется балл РС=0.

Итоговая оценка по курсу выставляется после устного экзамена с учётом оценок за работу в семестре (РС).

Промежуточная аттестация (весенний семестр) – экзамен.

Освоение компетенций оценивается по пятибалльной шкале (табл. «Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения...»). Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ОПК-1 сформирована не ниже порогового уровня.

Для получения итоговой оценки "отлично" (продвинутый уровень усвоения компетенций) должны быть продемонстрированы качественные знания по всем трем вопросам билета при положительной оценке РС. При необходимости уточнения уровня знаний экзаменуемого ему может также быть предложена для решения дополнительная задача.

Оценка, получаемая студентом по результатам экзамена, складывается как среднее из четырех оценок - трех оценок за ответы на вопросы экзаменационного билета и одной - выставленной за работу над семестровыми заданиями. Если по работе на практических занятиях студент получил зачет, но его оценка за семестровое задание "ноль", то на экзамене вместе с билетом он получает обязательную к решению задачу, оценка за решение которой и входит в среднюю итоговую оценку экзамена (как оценка за семестровое задание). Такой подход позволяет оценить возможности как тех студентов, кто смог освоить методы практического решения задач на практических занятиях, так и тех, кто сумел освоить эти методы только в ходе выполнения лабораторных работ (на «Практикуме по радиоэлектронике» в 4-м семестре). Кроме того, любой студент может получить дополнительную простую задачу, подкрепляющую его ответ на вопрос билета, если в ходе ответа возникнут сомнения в уровне понимания или в самостоятельности подготовки им ответа.

**Описание критериев и шкал оценивания индикаторов
достижения результатов обучения по дисциплине «Радиоэлектроника»**

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
Полнота знаний	ПК 1.1 ПК 2.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Демонстрирует общие знания базовых понятий по темам/разделам дисциплины. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/ незначительных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	ПК 1.2 ПК 2.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок. Продемонстрировано использование моделей замещения радиоэлектронных устройств в решении задач.
Наличие навыков (владение опытом)	ПК 1.3 ПК 2.3	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок.	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы навыки использования радиоэлектронных устройств в решении стандартных прикладных задач.

Возможные разделы и темы к коллоквиуму:

Раздел - Электрические цепи.

Общие свойства линейных электрических цепей, свойства реактивных элементов, мощность в цепях постоянного тока.

Раздел - Методы расчета электрических цепей.

Методы расчета электрических цепей. Метод узловых потенциалов. Метод контурных токов. Суперпозиция, теорема Тевинена, теорема компенсации, свойство обратимости (взаимности)

Раздел - Резонансные процессы в электрических цепях.

Последовательный колебательный контур. Вынужденные колебания, запасенная энергия, полоса пропускания, добротность. Резонанс, характеристическое сопротивление.

Раздел – Электрические цепи с распределенными параметрами.

Длинные линии. Телеграфные уравнения. Коэффициент отражения по напряжению и току. Согласованная нагрузка.

Раздел - Переходные процессы. Операторные метод расчета электрических цепей.

Расчет переходных процессов в простейших цепях (классический подход). Коммутация, законы коммутации. Начальные условия. Принужденный и свободный режимы.

Переходные процессы в линейных цепях с сосредоточенными параметрами. Импульсный отклик, свертка, передаточная функция. Основные понятия метода Фурье.

Раздел - Нелинейные цепи.

Прохождение гармонического сигнала через нелинейные цепи. Умножение и преобразование частоты.

Раздел - Модуляция.

Амплитудная, DSB и SSB модуляции, их спектры. Средняя и пиковая мощности.

Раздел - Вакуумные и газоразрядные электронные приборы.

Вакуумные электронные приборы. Диод, триод, тетрод, пентод.

Газоразрядные приборы. Релаксационный генератор.

Раздел - Полупроводниковые приборы.

Полупроводники и их свойства. Основы зонной теории. Электронная и дырочная проводимость.

Полупроводниковый диод, его вольтамперная характеристика и параметры. Выпрямители.

Биполярный транзистор - принцип работы и параметры. Семейства входных и выходных характеристик для схем ОБ и ОЭ.

Полевые транзисторы. Выходная и передаточная характеристики, основные схемы включения.

Раздел - Усилители и обратная связь.

Усилители постоянного тока. Дифференциальный каскад. Операционный усилитель, основные параметры ОУ.

Раздел - Генераторы.

Генерирование гармонических колебаний. Генераторы с RC-цепями. Генератор с LC-контуром.

Генераторы сигналов специальной формы (релаксационный генератор, мультивибратор с триггером Шмидта).

Раздел - Основы цифровой техники.

Элементы цифровой техники. Базовый логический элемент ТТЛ. Элементы И, ИЛИ, НЕ, ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ.

Пример контрольной работы

Вариант А

¶

Задача 1

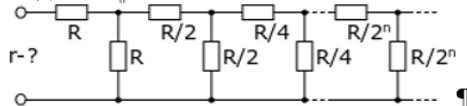
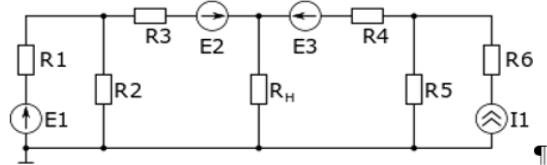


Схема составлена из бесконечного числа Г-образных звеньев, причем сопротивление каждого последующего звена в два раза меньше предыдущего

Найти входное (со стороны зажимов) сопротивление схемы

¶

Задача 2

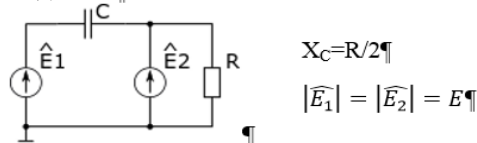


$E_1=80\text{ В}$, $E_2=60\text{ В}$, $E_3=20\text{ В}$, $I_1=4\text{ А}$,
 $R_1=40\text{ Ом}$, $R_2=40\text{ Ом}$, $R_3=30\text{ Ом}$,
 $R_4=30\text{ Ом}$, $R_5=20\text{ Ом}$, $R_6=12\text{ Ом}$,
 $R_H=100\text{ Ом}$

Найти ток, протекающий через резистор R_H

¶

Задача 3

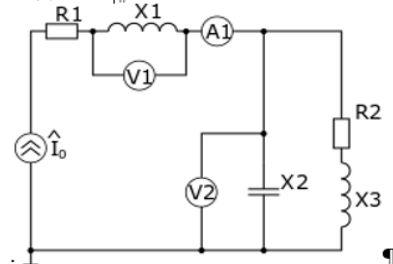


$X_C=R/2$
 $|\hat{E}_1| = |\hat{E}_2| = E$

Найти фазу источника напряжения E_2 , при которой он будет потреблять мощность из электрической цепи

¶

Задача 4



$P(I_0)=1200\text{ Вт}$,
 $X_1=26\text{ Ом}$, $X_2=10\text{ Ом}$, $X_3=10\text{ Ом}$,
 $R_1=2\text{ Ом}$, $R_2=10\text{ Ом}$

Найти показания идеальных амперметров и вольтметров электромагнитной системы

Вопросы к экзамену

- Электрическая цепь. Идеализированные элементы цепи. Закон Ома для полной цепи. Понятие идеального генератора напряжения и идеального генератора тока. Генераторы тока и напряжения. Пассивные и активные элементы. Вольт-амперные характеристики. Законы Кирхгофа. Теорема о компенсации.
- Линейные электрические цепи постоянного тока. Идеализированные источники ЭДС. Мощность в согласованной нагрузке.
- Общие свойства линейных электрических цепей. Принцип суперпозиции, свойство обратимости (взаимности).
- Общие свойства цепей постоянного тока. Принцип суперпозиции, теорема Тевинена.
- Методы расчета электрических цепей. Метод контурных токов. Метод графов. Нахождение независимых контуров.
- Методы расчета линейных электрических цепей. Метод узловых потенциалов.
- Методы расчета линейных электрических цепей. Теорема об эквивалентном источнике.
- Расчет цепей постоянного тока. Принцип суперпозиции, метод эквивалентного генератора.
- Цепи переменного синусоидального тока. Синусоидальный ток в сопротивлении, индуктивности, емкости. Фазовый сдвиг между током и напряжением.
- Электрические цепи синусоидального переменного тока. Применение комплексных чисел к расчету цепей. Комплексные амплитуды. Символизация цепи. Метод векторных диаграмм.

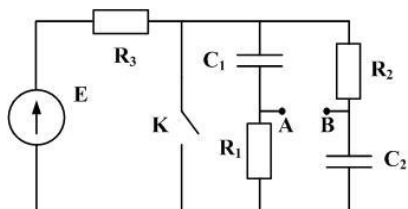
- Характеристики периодических процессов. Среднее и среднеквадратичное значение. Действующее значение синусоидального тока и напряжения
- Расчет цепей синусоидального тока методом комплексных амплитуд. Символизация электрической цепи.
- Активная и реактивная нагрузки. Мощность в цепи синусоидального тока. Активная, реактивная и кажущаяся мощности.
- Последовательный колебательный контур. Резонанс напряжений, запасенная энергия, полоса пропускания, добротность.
- Последовательный колебательный контур. Характеристики контура. Уравнение резонансной кривой.
- Параллельный колебательный контур. Резонанс токов. Запасенная энергия, полоса пропускания, добротность
- Параллельный колебательный контур. Параллельный колебательный контур с потерями в индуктивности и емкости.
- Влияние генератора и нагрузки на избирательные свойства последовательного и параллельного колебательных контуров.
- Параллельный колебательный контур. Резонанс токов. Частичное включение контура.
- Связанные колебательные контура. Частотная характеристика связанных контуров.
- Расчет переходных процессов в линейных цепях (классический подход). Начальные условия. Принужденный и свободный режимы.
- Длинные линии. Телеграфные уравнения. Коэффициенты отражения по напряжению и току. Отражение волны тока и волны напряжения. Стоячая волна. Коэффициенты стоячей и бегущей волны. Согласованная нагрузка.
- Переходные процессы в длинных линиях. Поглощение волны согласованной нагрузкой. Формирователь импульсов на длинной линии.
- Переходные процессы в линейных электрических цепях. Законы коммутации. Начальные условия.
- Переходные процессы в линейных электрических цепях. Классический метод расчета. Принужденные и свободные составляющие, начальные условия.
- RC- и RL-цепи как интегрирующие и дифференцирующие звенья.
- Переходные процессы в линейных цепях с сосредоточенными параметрами. Импульсный отклик, свертка, передаточная функция. Основные понятия метода Фурье.
- Операторные методы расчета переходных процессов в линейных электрических цепях. Основы метода Фурье. Импульсный отклик, свертка, передаточная функция.
- Электрические цепи. 2. Переходные процессы в линейных цепях с сосредоточенными параметрами. Метод Лапласа.
- Прохождение гармонических сигналов или их суммы через безынерционную нелинейную цепь. Выпрямление, формирование гармоник и комбинационных частот.
- Нелинейные элементы. Методы расчета цепей с нелинейными элементами.
- Инерционные и безынерционные нелинейные элементы. Способы описания безынерционных нелинейных элементов: графический, полиномиальный, кусочно-линейная аппроксимация.
- Прохождение гармонического сигнала через нелинейные цепи. Умножение и преобразование частоты.
- Нелинейные и параметрические цепи. Характеристики нелинейных цепей. Графический метод расчета прохождения сигнала через нелинейную цепь.
- Модуляция. Виды модуляции. Амплитудно-модулированные колебания, их спектр.
- Амплитудная модуляция, ее спектр. Средняя и пиковая мощности. Огибающая, перемодуляция.
- DSB и однополосная модуляция, спектры DSB и SSB сигналов.
- Угловая модуляция. Спектры ЧМ и ФМ сигналов. Эквивалентность ЧМ и ФМ при модуляции чистым тоном.
- Трансформатор. Принцип работы, схема замещения. Эквивалентная схема трансформатора.
- Магнитно-связанные контура, трансформатор. Уравнения трансформатора и его схема замещения.
- Газоразрядные приборы. Неоновая лампа. Релаксационный генератор.
- Вакуумные электронные приборы. Диод, триод.
- Вакуумные электронные приборы. Вакуумный диод, его вольт-амперная характеристика.
- Вакуумные электронные приборы. Тетрод, динаatronный эффект, пентод.

- Полупроводниковые приборы. Полупроводники и их свойства. Основные понятия зонной теории. Электронная и дырочная проводимость.
- Электронно-дырочный переход. Полупроводниковые диоды и их параметры. Пробой p-n перехода, виды пробоя. Емкость p-n-перехода, варикап.
- Транзисторы. Устройство и принцип действия биполярного транзистора. Параметры, характеристики и схемы замещения.
- Полевые транзисторы, их характеристики и параметры. Работа полевого транзистора в ключевом режиме.
- Полупроводниковые переключающие элементы. Комбинированные полупроводниковые приборы. IGBT транзистор.
- Отрицательная обратная связь (ООС). Обратная связь по току и по напряжению, ООС последовательного и параллельного типа.
- Влияние ООС на усиление, полосу пропускания и нелинейные искажения. Использование ООС в схемах на операционных усилителях.
- Генерирование гармонических колебаний.
- Основы цифровой техники. Базовые и составные операции формальной логики, двоичная запись целых чисел. Элементы 2И-НЕ и 2ИЛИ-НЕ и их таблицы истинности. Типы логических элементов.
- Комбинационные логические схемы: дешифраторы, коммутаторы, схемы совпадения. Асинхронные и синхронные триггеры. Сдвиговые регистры, преобразование параллельного кода в последовательный и обратно. Счетчики.
- Устройство микропроцессорного элемента.
- Устройство и принцип действия цифро-аналоговых преобразователей: ЦАП-ШИМ, ЦАП с R-2R матрицей.
- Устройство и принцип действия аналогово-цифровых преобразователей: интегрирующие АЦП, Σ - Δ -АЦП, АЦП поразрядного уравнивания.

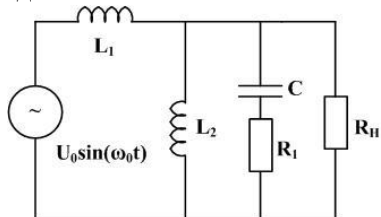
Образцы задач экзамену.

Задача 1

Определить вид переходного процесса $U_{AB}(t)$ при замыкании ключа К.



Задача 2



Задано : $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_2 C}}$

$R_1 \ll \sqrt{\frac{L_2}{C}}$

Определить действующее значение напряжения на нагрузке R_n .

Образец билета

1. Электрическая цепь. Идеализированные элементы цепи. Закон Ома для полной цепи. Понятие идеального генератора напряжения и идеального генератора тока.
2. Прохождение гармонического сигнала через нелинейные цепи. Умножение и преобразование частоты.
3. Вакуумные электронные приборы. Диод, триод.

Форма билета к зачету представлена на рисунке

<p>МИНОБРНАУКИ РОССИИ</p> <p>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)</p> <p>Физический факультет</p>
<p>БИЛЕТ № _____</p> <p>1.</p> <p>2.</p> <p>3.</p> <p>Составитель _____ /Ф.И.О. преподавателя/ <small>(подпись)</small></p> <p>« ____ » _____ 20 ____ г.</p>

Оценочные материалы по промежуточной аттестации (приложение 1), предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы
по дисциплине «Радиоэлектроника»
по направлению подготовки 03.03.02 Физика
Профиль: Все профили**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного