


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра радиотехнических систем

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета


(подпись)

И.С. Огнев

«23» мая 2023 г.

Рабочая программа дисциплины
«Радиопередающие устройства»

Направление подготовки
«11.03.01 Радиотехника»

Направленность (профиль)
«00 Радиотехника»

Форма обучения
очная

Программа одобрена
на заседании кафедры
от «18» апреля 2023 года, протокол № 8

Программа одобрена НМК
физического факультета
протокол № 5 от «25» апреля 2023 года

Ярославль

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Радиопередающие устройства» являются приобретение знаний изучение общих принципов построения и функционирования аппаратуры инфокоммуникационных сетей общего пользования, в том числе, многоканальных систем передачи, принципов организации линейных трактов на беспроводных, линиях связи; изучение основ построения радиоприёмной и радиопередающей аппаратуры.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Радиотехнические системы» относится к вариативной части Блока 1, части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.07).

Для освоения данной дисциплиной студенты должны владеть математическим аппаратом дифференциального исчисления, уметь решать основные типы дифференциальных уравнений, знать основы теории функций комплексного переменного. В процессе изучения курса «Радиопередающие устройства» используются знания, полученные при изучении дисциплин "Теория функции комплексной переменной", "Электроника", "Основы теории цепей" и др.

Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины "Радиопередающие устройства", будут востребованы при изучении других дисциплин блока Б1, при выполнении курсовых и выпускных работ, а также для продолжения обучения в магистратуре по направлению Радиотехника.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесённые с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ООП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
Профессиональные компетенции		
ПК-1. Способен осуществлять сбор и обработку исходных данных для решения поставленных профессиональных задач в области радиотехники, осуществлять поиск, анализ и выбор методов их решения.	ИД_ПК-1.1 Осуществляет сбор и обработку исходных данных для решения поставленных профессиональных задач.	Знать: - базовые принципы построения, функционирования радиопередающих устройств; - принципы расчёта характеристик радиопередающих устройств. Уметь: - формулировать технические требования к радиопередающим устройствам; - прогнозировать значения характеристик радиопередающих устройств; - анализировать основные процессы, связанные с разработкой систем; Владеть: - навыками компьютерного моделирования систем и процессов с использованием пакетов прикладных программ; - навыками разработки радиопередающих устройств с использованием современных САПР.

	ИД_ПК-1.2 Проводит анализ и обоснованный выбор методов решения профессиональных задач в области радиотехники	Знать: - типовые методики моделирования радиотехнических систем различного назначения; Уметь: - выполнять математическое моделирование объектов и процессов, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ; Владеть: - методиками математического моделирования объектов и процессов, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ; - методиками обработки и представления экспериментальных данных.
--	--	--

4. Объём, структура и содержание дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины составляет **2** зачёт. ед., **72** акад. час.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоёмкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам) Формы ЭО и ДОТ (при наличии)
			Контактная работа					самостоятельная работа	
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания		
1	Введение в дисциплину. Основные понятия и определения. Классификация радиопередающих устройств.		2						
2	Генераторы с внешним возбуждением. Принципы построения. Основные характеристики.		2	4	1	0.5		1,7	Задания на самостоятельную работу
3	ГВВ. Энергетические соотношения.		2	3		0.5		2	Задания на самостоятельную работу
4	Возбудители радиопередатчиков. Автогенераторы. Принципы построения и методы анализа.		2	3	1	0.5		2	Задания на самостоятельную работу

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоёмкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам) Формы ЭО и ДОТ (при наличии)
			Контактная работа					самостоятельная работа	
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания		
5	Синтезаторы частот. Классификация. Основные характеристики.		2	3	2	0.5		2	Задания на самостоятельную работу
6	Синтезаторы сигналов с частотной и фазовой модуляцией.		1	3	2	0.5		2	Задания на самостоятельную работу
7	Радиопередатчики с амплитудной модуляцией		1	1	2	0.5		1	Задания на самостоятельную работу
8	Радиопередатчики с однополосной модуляцией		1		2	0.5		1	Задания на самостоятельную работу
9	Радиопередатчики с угловой модуляцией		1		1	0.5		1	Задания на самостоятельную работу
10	Телевизионные радиопередатчики сигналов изображения.		1		2	0.5		1	Задания на самостоятельную работу
11	Передатчики радиорелейной и космической связи.		1		2	0.5		1	Задания на самостоятельную работу
12	Надёжность радиопередатчиков.		1		2			1	Контрольная работа
	Промежуточная аттестация						0,3		Зачёт
	ИТОГО	6	17	17	17	5	0,3	15,7	
	в том числе с ЭО и ДОТ								

Содержание разделов дисциплины

- 1. Введение в дисциплину.** Общие сведения о радиопередающих устройствах. Обобщенная структурная схема. Классификация радиопередающих устройств.
- 2. Генераторы с внешним возбуждением.** Принцип построения. Статические и динамические характеристики. Режимы работы нелинейного элемента.
- 3. ГВВ. Энергетические соотношения.** Характеристики, режимы. Энергетические соотношения в выходной и входной цепях ГВВ. Кусочно-линейная и полиномиальная аппроксимация статических ВАХ генераторных ламп и транзисторов. Гармонический анализ импульсов при кусочно-линейной аппроксимации статических характеристик. Сложение мощностей. Автоматическая настройка. Устойчивость работы ГВВ. Виды и причины неустойчивости, влияние обратной связи. Использование ГВВ для умножения и деления частоты.
- 4. Возбудители радиопередатчиков.** Автогенераторы. Структурная схема. Принцип работы и методы анализа. Условия возникновения колебаний. Автогенератор с трансформаторной обратной связью: условия возбуждения и существования

автоколебаний. Трёхточечные схемы автогенераторов. Двухконтурные автогенераторы. Нестабильность частоты.

5. Синтезаторы частот. Прямые и косвенные синтезаторы. Характеристики синтезаторов. Качественные показатели синтезируемых сигналов. Нестабильность фазы, частоты и амплитуды. Сравнительный анализ схемных решений. Расчёт показателей нестабильности синтезируемых сигналов. Пути повышения качественных показателей синтезаторов частоты.

6. Синтезаторы сигналов с частотной и фазовой модуляцией. Одноточечная и двухточечная схемы модуляции.

7. Радиопередатчики с амплитудной модуляцией. Параметры АМ модуляции. Схемы формирования АМ модуляции.

8. Радиопередатчики с однополосной модуляцией. Однополосная модуляция. Методы формирования однополосных сигналов. Основные элементы устройств формирования сигналов с ОБП. Особенности усиления сигналов с ОБП.

9. Радиопередатчики с угловой модуляцией. Частотная модуляция. Методы формирования ЧМ сигналов. Фазовая модуляция. Методы формирования ФМ сигналов. Формирование ЧМ, ФМ колебаний на основе синтезаторов частоты прямого вычислительного и косвенного типа.

10. Телевизионные радиопередатчики сигналов изображения. Телевизионные радиопередатчики и ретрансляторы. Структурные схемы телевизионных передатчиков изображения и звукового сопровождения. Особенности осуществления модуляции. Наземные и космические ретрансляторы.

11. Передатчики радиорелейной и космической связи. Особенности конструкции передатчиков радиорелейной и космической связи. Основные характеристики. Особенности структурного построения.

12. Надёжность радиопередатчиков. Методика расчёта надёжности. Способы повышения надёжности радиопередатчиков.

5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Вводная лекция – даёт первое целостное представление о дисциплине (или её разделе) и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки специалиста. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных учёных, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках курса, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

Академическая лекция – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, чёткая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.

Практическое занятие – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению полученных на лекции знаний. Выработка у студентов навыков и практики применения теории к анализу конкретных видов систем. Решение типовых задач, в том числе связанных с анализом конкретных типов радиотехнических систем.

Лабораторное занятие – занятие, посвящённое выполнению лабораторных работ по программе курса. Учебный процесс организован на базе лаборатории кафедры радиотехнических систем. Каждая лабораторная работа обеспечена макетом для

исследования, комплектом методических указаний по выполнению работ, комплектом приборов для проведения практических измерений. Задания и исследования компьютерных моделей выполняются на базе кафедры. Теоретические знания преподаются традиционно: доска, мел, тряпка.

Консультация – занятие, посвящённое консультациям по организации самостоятельной работы, ответам на вопросы студентов или разбору трудных тем.

6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе осуществления образовательного процесса используются:

- Microsoft Windows и Microsoft Office для подготовки рабочих программ и демонстрации иллюстративного материала;
- Mathworks MatLab,
- для поиска учебной литературы библиотеки ЯрГУ: Автоматизированная библиотечная информационная система "БУКИ-NEXT" (АБИС "Буки-Next").

7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»
http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Вовченко, П.С. Устройства генерирования и формирования сигналов (радиопередающие устройства). Практикум для студентов: учебное пособие [Электронный ресурс] / П.С. Вовченко, Г.А. Дегтярь. - Новосибирск: НГТУ, 2009. - 108 с.
2. Михеенко А.М. Устройства генерирования и формирования сигналов [Электронный ресурс] / А.М. Михеенко. — Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2011. — 211 с.

б) дополнительная литература

1. Рожков И.Т. Радиосистемы передачи информации: учеб. пособие для вузов. - Ярослав. высшее зенитное ракетное училище противовоздушной обороны. - Ярославль, 2006. - 92 с.
2. Радиосистемы передачи информации / Васин В.А., Калмыков В.В., Себекин Ю.Н. и др. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 472 с.
3. Генерирование колебаний и формирование радиосигналов: учеб. пособие для вузов. / В. Н. Кулешов, Н. Н. Удалов, В. М. Богачев и др.; под ред. В. Н. Кулешова, Н. Н. Удалова; УМО вузов России по образованию в обл. радиотехники, электроники, биомедицинской техники и автоматизации - М.: МЭИ, 2008. - 414 с.
4. Белов Л.А. Формирование стабильных частот и сигналов: Учеб. пособие. М.: Академия, 2005. 224 с.

в) ресурсы сети «Интернет»:

- Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ
(http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php).

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

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;
- учебные аудитории для проведения практических занятий;
- учебные аудитории для проведения лабораторных работ;
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций,
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Число посадочных мест в лекционной аудитории больше либо равно списочному составу потока.

Число посадочных мест в аудитории для практических занятий больше либо равно списочному составу группы.

Число посадочных мест в аудитории для лабораторных занятий больше либо равно списочному составу группы (при проведении лабораторных занятий группа делится на подгруппы).

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Число посадочных мест в лекционной аудитории больше либо равно списочному составу потока.

а) Профессиональные базы данных:

- 1) Портал научной электронной библиотеки - <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
- 2) Федеральная университетская компьютерная сеть России - <http://www.runnet.ru/>

б) Информационные справочные и правовые системы:

- 1) СПС «Консультант-плюс» - <http://www.consultant.ru/>
- 2) СПС «Гарант» - <http://www.garant.ru/>

Автор(ы):

Профессор кафедры

радиотехнических систем, д. т. н., профессор



Л.Н. Казаков

**Приложение № 1 к рабочей программе дисциплины
«Радиопередающие устройства»**

**Фонд оценочных средств
для проведения текущего контроля успеваемости
и промежуточной аттестации студентов
по дисциплине**

1. Типовые контрольные задания и иные материалы,
используемые в процессе текущего контроля успеваемости

Вариант 1

1. Определить, во сколько раз необходимо изменить значение сопротивления в параллельном колебательном контуре с последовательной схемой замещения, чтобы скорость затухания возросла в N раз (1 балл)

2. Схема автогенератора гармонических колебаний приведена на рис. 2. Коэффициент усиления лампы, её характеристика задана уравнением

$$i_a = 25 + 6u_c + 0.5u_c^2 - 0.1u_c^3, \text{ мА}; E_c = -2\text{В}.$$

Смещение на сетке параметры контура: $L = 100 \text{ мкГн}, C = 400 \text{ пФ}, Q = 100$.

Определить значение взаимной индукции M , при которой произойдет самовозбуждение (2 балла)

3. Генератор на основе схемы Ван-дер-Поля вырабатывает колебания с частотой 1 МГц. Добротность контура $Q=50$, взаимная индуктивность $M=5 \text{ мкГн}$. Характеристика лампы аппроксимируется полиномом третьей степени $i_a = 25 + 6u_c - 0.1u_c^3, \text{ мА}$. Смещение на сетке. Определить стационарную амплитуду напряжения на сетке. (3 балла)

4. Найти ширину полосы захвата при включении в цепь затвора генератора Ван-дер-Поля синусоидальной эдс с амплитудой 0,1 В. Амплитуда напряжения на контуре при отсутствии захватывающей эдс равна 100 В, резонансная частота контура 5 МГц, добротность $Q=100$, коэффициент обратной связи 0,02. Как изменится значение полосы захвата при включении эдс в контур? Построить векторную диаграмму. (3 балла)

5. Получить выражение полосы удержания делителя частоты на 3, построенного на основе схемы Ван-дер-Поля. (3 балла)

6. В замкнутой системе, состоящей из усилителя и четырехполюсника обратной связи (рис.3), заданы: Коэффициент усиления, при этом аргумент комплексного коэффициента передачи равен во всем частотном диапазоне. Определить, возможно ли в системе самовозбуждение колебаний и на какой частоте (3 балла)

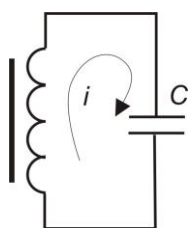


Рис.1

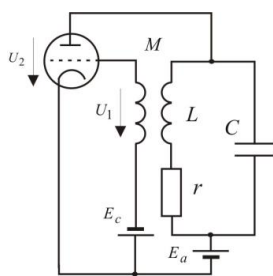


Рис.2

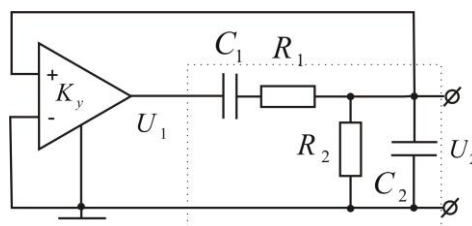


Рис.3

Вариант 2

1. За какое число периодов амплитуда сигнала уменьшится в 10 раз в параллельном контуре с последовательной схемой замещения, если его параметры:

? (1 балл)

2. Найти минимальную взаимную индуктивность M , при которой наступит самовозбуждение автогенератора, изображенного на рис.1а. Параметры контура: параметры лампы в рабочей точке. (2 балла)

3. Определить, насколько частота колебаний транзисторного генератора отклоняется от резонансной частоты контура, если аргумент комплексной крутизны. Параметры контура: $Q = 50$. Влиянием выходного сопротивления транзистора пренебречь. (3 балла)

4. Определить полосу частот, в которой происходит захватывание частоты генератора с контуром в цепи коллектора, если контур имеет параметры: коэффициент обратной связи, характеристика транзистора аппроксимируется выражением, а синхронизирующее напряжение вводится в цепь базы и имеет амплитуду. Построить векторную диаграмму. (3 балла)

5. Получить выражение полосы удержания умножителя частоты на 3, построенного на основе схемы Ван-дер-Поля. (3 балла)

6. В RC -генераторе на операционном усилителе (рис.2) сопротивление резистора. Определить минимально возможное для обеспечения устойчивой генерации. (3 балла)

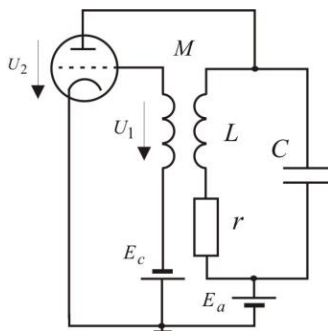


Рис.1а

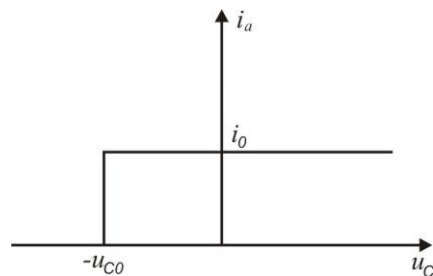


Рис.1б

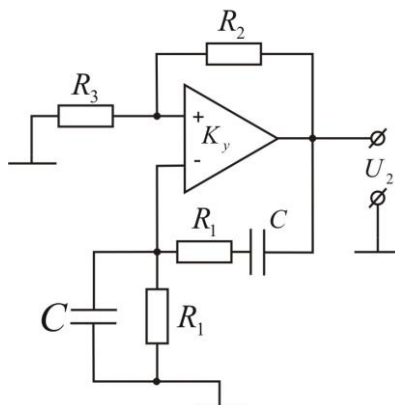


Рис.2

Вариант 3

1. Определить, во сколько раз необходимо изменить значение сопротивления в параллельном колебательном контуре с параллельной схемой замещения, чтобы скорость затухания возросла в N раз. (1 балл)

2. Схема автогенератора гармонических колебаний приведена на рис.2. Резонансная частота контура генератора 500 кГц, добротность, ёмкость конденсатора контура, взаимная индуктивность. Определить крутизну характеристики лампы, при которой будет обеспечено самовозбуждение автогенератора, учитывая реакцию анода. (2 балла)

3. Статическая характеристика лампы автогенератора, собранного по схеме рис.2, аппроксимирована выражением

$$i_a = 8 + 1.3(u - U_{c0}) + 0.15$$

Параметры контура: $L = 100 \text{ мкГн}$. Взаимная индуктивность между катушками. Определить, за какое время после включения источника анодного напряжения амплитуда колебаний в контуре достигнет 0.9 от установившегося значения, если амплитуда случайных колебаний в контуре в момент включения 0.01 В. Реакцией анода пренебречь. (3 балла)

4. Амплитуда первой гармоники анодного тока лампы автогенератора, изображённого на рис.2, составляет 1.5 мА. Параметры контура, включённого в анодной цепи, следующие:

Вычислить амплитуду внешней ЭДС, действующей в контуре, минимально необходимую для захватывания частоты при относительной расстройке. Построить векторную диаграмму. (3 балла)

5. Получить выражение полосы удержания умножителя частоты на 2, построенного на основе схемы Ван-дер-Поля. (3 балла)

6. В замкнутой системе, состоящей из усилителя и четырехполюсника обратной связи (рис.3), заданы: $R_1 = 10 \text{ кОм}$, $R_2 = 5 \text{ МОм}$, $C_1 = 150 \text{ пФ}$, $C_2 = 10 \text{ пФ}$. Определить коэффициент усиления, при котором в системе произойдёт самовозбуждение колебаний. Какова их частота? (3 балла)

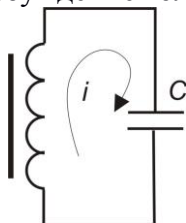


Рис.1

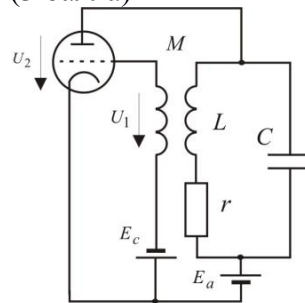


Рис.2

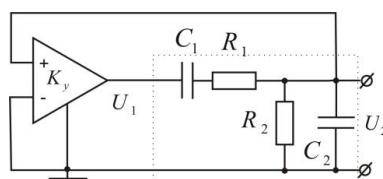


Рис.3

Вариант 4

1. Найти зависимость амплитуды колебаний в ламповом генераторе (рис.1а) от величины коэффициента взаимной индукции M . Величина достаточно мала. Анодно-сеточная характеристика лампы приведена на рис. 1б. (Сеточным током пренебречь) (2 балла).
2. За какое число периодов амплитуда сигнала уменьшится в 100 раз в параллельном контуре с параллельной схемой замещения, если его параметры $r = 100 \text{ Ом}$, $\mu = 15$, ? (1 балл).
Найти минимальную взаимную индуктивность M , при которой наступит самовозбуждение автогенератора, изображённого на рис.1.
3. Параметры контура: параметры лампы в рабочей точке. (2 балла)
 $\phi_s = 45^\circ$, $Q = 30$
 $S = 1.5 \text{ мА/В}$, $L = 50 \text{ мкГн}$, $C = 120 \text{ пФ}$,
Определить, насколько частота колебаний транзисторного генератора отклоняется от резонансной частоты контура, если аргумент комплексной крутизны. Параметры контура $R_2 = 50 \text{ кОм}$, R_3 . Влиянием выходного сопротивления транзистора пренебречь. (3 балла)
4. При отсутствии внешней эдс амплитуда напряжения на сетке автогенератора (рис.1) равна 5 В. Определить наибольший возможный сдвиг фаз между первой гармоникой анодного тока и напряжением на контуре, если амплитуда захватывающей эдс, включенной в цепь сетки, равна 1 В. Может ли произойти захватывание, если при этом частота внешней эдс, отличается от частоты генерации на 0.1%? Добротность контура автогенератора равна 100. Построить векторную диаграмму. (3 балла)
5. В RC-генераторе на операционном усилителе (рис.2) сопротивление резистора. Определить минимально возможное для обеспечения устойчивой генерации. (3 балла)

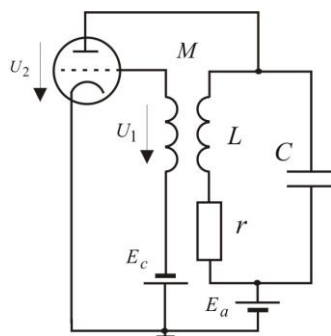


Рис.1а

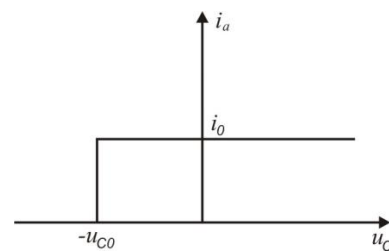


Рис.1б

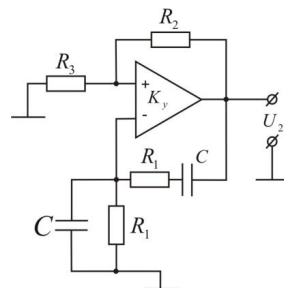


Рис.2

Контрольная работа оценивается по следующей шкале:

Считается процент баллов по правильно отвеченным вопросам относительно общего количества баллов. Далее принимается решение по градациям:

50 % -пороговый

50 – 75 продвинутый

Более 75% высокий

Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

Список вопросов к зачёту:

1. Общие сведения о радиопередающих устройствах. Обобщённая структурная схема. Классификация радиопередающих устройств.
2. Генераторы с внешним возбуждением. Принцип построения. Статические и динамические характеристики. Режимы работы нелинейного элемента.
3. Генераторы с внешним возбуждением. Энергетические соотношения. Энергетические соотношения в выходной и входной цепях.
4. Кусочно-линейная и полиномиальная аппроксимация статических ВАХ генераторных ламп и транзисторов. Гармонический анализ импульсов при кусочно-линейной аппроксимации статических характеристик.
5. Угол отсечки. Классификация режимов работы ГВВ по напряжённости и углу отсечки выходного тока АЭ.
6. Сложение мощностей. Автоматическая настройка. Устойчивость работы ГВВ. Виды и причины неустойчивости, влияние обратной связи.
7. Использование ГВВ в режиме умножения и деления частоты.
8. Автогенератор. Принцип работы и методы анализа. Условия возникновения колебаний. Условия баланса фаз и баланса амплитуд.
9. Автогенератор с трансформаторной обратной связью.
10. Стационарный режим. Условия возбуждения колебаний. Мягкий и жесткий режимы возбуждения.
11. Трёхточечная схема автогенератора.
12. Автогенератор с внутренней обратной связью.
13. Двухконтурные генераторы.
14. Синтезаторы частот. Прямые и косвенные синтезаторы. Характеристики синтезаторов.
15. Качественные показатели синтезируемых сигналов. Нестабильность фазы, частоты и амплитуды. Расчет показателей нестабильности синтезируемых сигналов.
16. Синтезаторы сигналов с частотной и фазовой модуляцией. Одноточечная и двухточечная схемы модуляции.
17. Радиопередатчики с амплитудной модуляцией. Параметры АМ модуляции. Схемы формирования АМ модуляции.
18. Радиопередатчики с однополосной модуляцией. Методы формирования однополосных сигналов. Основные элементы устройств формирования сигналов с ОБП.
19. Радиопередатчики с частотной модуляцией. Методы формирования ЧМ сигналов.
20. Радиопередатчики с фазовой модуляцией. Методы формирования ФМ сигналов.
21. Формирование ЧМ, ФМ колебаний на основе синтезаторов частоты прямого вычислительного и косвенного типа.
22. Телевизионные радиопередатчики и ретрансляторы. Структурные схемы телевизионных передатчиков изображения и звукового сопровождения. Особенности осуществления модуляции.
23. Передатчики радиорелейной и космической связи. Особенности конструкции передатчиков радиорелейной и космической связи. Основные характеристики.
24. Надёжность радиопередатчиков. Методика расчёта надёжности. Способы повышения надёжности радиопередатчиков.

Лабораторный практикум

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	2	ГВВ на биполярном транзисторе
2	4	Нагрузочные характеристики АГ.
3	4	Исследование стабильности частоты АГ
4	4	Пассивные цифровые синтезаторы сетки частот
5	4	Синтезаторы частоты с ФАПЧ
6	5	Амплитудная модуляция в ГВВ.
7	5	Управление частотой автогенератора и ЧМ
8	6	Исследование диодного генератора СВЧ

Перечень компетенций, этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкалы оценивания

Шкала оценивания сформированности компетенций и её описание

Оценивание уровня сформированности компетенций в процессе освоения дисциплины осуществляется по следующей трёхуровневой шкале:

Пороговый уровень - предполагает отражение тех ожидаемых результатов, которые определяют минимальный набор знаний и (или) умений и (или) навыков, полученных студентом в результате освоения дисциплины. Пороговый уровень является обязательным уровнем для студента к моменту завершения им освоения данной дисциплины.

Продвинутый уровень - предполагает способность студента использовать знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности, полученные при освоении дисциплины, для решения профессиональных задач. Продвинутый уровень превосходит пороговый уровень по нескольким существенным признакам.

Высокий уровень - предполагает способность студента использовать потенциал интегрированных знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, полученных при освоении дисциплины, для творческого решения профессиональных задач и самостоятельного поиска новых подходов в их решении путем комбинирования и использования известных способов решения применительно к конкретным условиям. Высокий уровень превосходит пороговый уровень по всем существенным признакам.

**Методические рекомендации преподавателю
по процедуре оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности,
характеризующих этапы формирования компетенций**

Целью процедуры оценивания является определение степени овладения студентом ожидаемыми результатами обучения (знаниями, умениями, навыками и (или) опытом деятельности).

Процедура оценивания степени овладения студентом ожидаемыми результатами обучения осуществляется с помощью методических материалов, представленных в разделе «Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций»

Критерии оценивания степени овладения знаниями, умениями, навыками и (или) опытом деятельности, определяющие уровни сформированности компетенций

Пороговый уровень (общие характеристики):

- владение основным объемом знаний по программе дисциплины;
- знание основной терминологии данной области знаний, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы без существенных ошибок;
- владение инструментарием дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач;
- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках рабочей программы дисциплины;
- усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой дисциплины;
- знание базовых теорий, концепций и направлений по изучаемой дисциплине;
- самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, достаточный уровень культуры исполнения заданий.

Продвинутый уровень (общие характеристики):

- достаточно полные и систематизированные знания в объеме программы дисциплины;
- использование основной терминологии данной области знаний, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы;
- владение инструментарием дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно решать сложные задачи (проблемы) в рамках рабочей программы дисциплины;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой дисциплины;
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку;
- самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

Высокий уровень (общие характеристики):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины;
- точное использование терминологии данной области знаний, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- безупречное владение инструментарием дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно и творчески решать сложные задачи (проблемы) в рамках рабочей программы дисциплины;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- активная самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

Описание процедуры выставления оценки

В зависимости от уровня сформированности каждой компетенции по окончании освоения дисциплины студенту выставляется оценка. Для дисциплин, изучаемых в течение нескольких семестров, оценка может выставляться не только по окончании её освоения, но и в промежуточных семестрах. Вид оценки («зачтено», «не зачтено») определяется рабочей программой дисциплины в соответствии с учебным планом.

Уровень сформированности компетенции оценивается как средний по совокупности параметров, в роли которых выступают оценки за контрольную работу, оценка за зачёт и итоговая оценка за выполнение лабораторных работ

Зачёт выставляется принятием бинарного решения по совокупности параметров выполнения студентом заданий контрольной работы, выполнения лабораторных работ, ответа на вопросы зачётного задания.

Оценка «зачтено» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована не ниже, чем на пороговом уровне.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, у которого хотя бы одна компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована ниже, чем на пороговом уровне.

Приложение № 2 к рабочей программе дисциплины «Радиопередающие устройства»

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Дисциплина «Радиопередающие устройства» преподаётся в течение одного семестра. Основной формой изложения учебного материала по дисциплине являются лекции, одобренные самостоятельной работой. Объём изучаемого материала в рамках дисциплины достаточно большой, вместе с тем, учебный план предполагает всего одно аудиторное занятие в неделю.

Вследствие этого для успешного изучения дисциплины очень студентам важно проводить большой объём самостоятельной работы. На такую работу учебным планом отводится достаточно большое количество часов. В рамках изучения дисциплины предусмотрено достаточно большое количество задач, как в аудитории, так и самостоятельно в качестве домашних заданий.

Решение задач предусмотрено по всем темам курса. Задачи позволят применить теоретические подходы лекционного материала к конкретным радиотехническим устройствам. Каждый вид задач разбирается на лекциях и практических занятиях, при необходимости по наиболее трудным темам проводятся дополнительные консультации. Основная цель решения задач – привить студентам практические навыки построения электронники и радиопередающих устройств. Это невозможно без регулярного повторения пройденного лекционного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо дома ещё раз прорабатывать и, при необходимости, дополнять информацией, полученной на консультациях, практических занятиях или из учебной литературы.

Т.к. объём самостоятельной работы достаточно велик, большое внимание должно быть уделено выполнению домашней работы. Все задания для самостоятельной работы дома, аналогичны задачам, разобранным на лекциях и практических занятиях или немного более сложные, которые являются результатом объединения нескольких базовых задач.

Проверка и контроль усвоения теоретического и практического материала осуществляется на каждом практическом занятии при проверке и разборе домашнего задания. Также проводятся консультации (при необходимости) по разбору заданий для самостоятельной работы, которые вызвали затруднения.

Учебным планом предусмотрено выполнение лабораторных работ, которые являются неотъемлемой частью изучения дисциплины. В ходе лабораторных занятий под руководством преподавателя студенты осваивают навыки настройки, моделирования и исследования реальных радиотехнических устройств, применяют на практике теоретические знания и умения, полученные на лекционных и практических занятиях. Без выполнения лабораторных работ в полном объеме освоение материала дисциплины невозможно.

В конце семестра изучения дисциплины студенты сдают зачёт. Оценка за зачёт формируется по итогам выполнения студентом самостоятельных и контрольных работ в течение семестра и по итогам заключительного контроля.

Освоить вопросы, излагаемые в процессе изучения дисциплины «Радиопередающих устройств» самостоятельно студенту крайне сложно. Это связано со сложностью изучаемого материала и большим объёмом курса. Поэтому посещение всех аудиторных занятий является совершенно необходимым. Без упорных и регулярных занятий в течение семестра сдать зачёт по итогам изучения дисциплины студенту практически невозможно.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине

Существует достаточно большое количество хороших книг по дисциплине "Радиопередающие устройства". Это и классические монографии (особо стоит выделить книги В.В. Шахгильдяна) и публикации, освещающие ограниченный круг вопросов, связанных с радиопередающими устройствами и применением их в радиотехнике. Некоторые из публикаций, ознакомиться с которыми студентам будет полезно при изучении курса, перечислены ниже:

1. Генерирование колебаний и формирование радиосигналов : учеб. пособие / В.Н. Кулешов, Н.Н. Удалов, В.М. Богачев и др.; под ред. В.Н. Кулешова и Н.Н. Удалова. — М.: Издательский дом МЭИ, 2008. 416 с.
2. Шахгильдян В.В., Козырев В.Б., Ляховкин А.А. и др. Радиопередающие устройства. М.: Радио и связь, 2003. 560 с.
3. Белов Л.А. Устройства формирования СВЧ-сигналов и их компоненты: Учеб. пособие. М.: Издательский дом МЭИ, 2010. 320 с.
4. Белов Л.А. Формирование стабильных частот и сигналов: Учеб. пособие. М.: Академия, 2005. 224 с.
5. Капранов М.В., Кулешов В.Н., Уткин Г.М. Теория колебаний в радиотехнике. М.: Наука, 1984. 320 с.
6. Белов Л.А. Синтезаторы частот и сигналов: Учеб. пособие для вузов. М.: САЙНС-ПРЕСС, 2002. 79 с.
7. Тарасов А.Н. Устройства формирования и генерирования сигналов. Генерирование радиочастотных колебаний. Ч1: учебное пособие / ЯЗРИ ПВО.— Ярославль, 2004.— 123 с.
8. Тарасов А.Н. Устройства формирования и генерирования сигналов. Генерирование радиочастотных колебаний. Ч2: учебное пособие / ЯЗРИ ПВО.— Ярославль, 2004.— 86 с.
9. Цифровые системы фазовой синхронизации / Под ред. М.И. Жодзишского. М.: Сов. радио, 1980. 208 с.
10. Цифровые радиоприёмные устройства: Справочник / Под ред. М.И. Жодзишского. М.: Радио и связь, 1990. 208с.
11. Тихонов, В. И., Харисов, В. Н., Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем: учеб.пособие для вузов / В. И. Тихонов, В. Н. Харисов. - 2-е изд., испр., М., Радио и связь: Горячая линия-Телеком, 2004, 608с
12. Максимов М.В., Меркулов В.И. Радиоэлектронные следящие системы (Синтез методами теории оптимального управления). — М.: Радио и связь, 1990. — 256 с.
13. Вагапов В.Б., Автоматика радиоэлектронных систем. — К.: Вищашк., 1988. — 351 с.
14. Цыпкин Я.З. Адаптация и обучение в автоматических системах. — М.: Наука, 1968. — 400 с.
15. Сеницын И.Н., Пугачев В.С. Стохастические дифференциальные системы. Анализ и фильтрация. — М.: Наука, 1990. — 632 с.
16. Гурский Е.И. Теория вероятностей с элементами математической статистики. — М.: Высшая школа, 1971. — 328 с.
17. Гольденберг Л.М., Матюшкин Б.Д., Поляк М.Н. Цифровая обработка сигналов. — М.: Радио и связь, 1990. — 256 с.

Также для подбора учебной литературы рекомендуется использовать широкий спектр интернет-ресурсов:

1. Международный научно-образовательный сайт EqWorld. Сайт EqWorld содержит обширную информацию о различных классах обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ), дифференциальных уравнений с частными производными (УрЧП), интегральных уравнений, функциональных уравнений и других математических уравнений. На портале представлены практически все типы ДУ, рассматриваемые при изучении курса "Радиопередающие устройства". Приведены [таблицы точных решений](#), описаны [методы решения уравнений](#), есть [интересные статьи](#), даны ссылки на математические программы, указаны адреса научных сайтов, издательств, журналов и др. Для продвинутых пользователей имеется динамический раздел [EqArchive](#), который дает возможность авторам оперативно публиковать свои уравнения и их точные решения, первые интегралы и преобразования. Содержит учебную [физико-математическую библиотеку](#), в которую авторы могут добавлять свои [книги и диссертации](#), а также [форум](#) для вопросов и дискуссий.

EqWorld работает на [русском](#) и [английском](#) языках (главная стр. сайта переведена также на [немецкий](#), [французский](#), [итальянский](#) и [испанский](#) языки) и предназначен для широкого круга ученых, преподавателей вузов, инженеров, аспирантов и студентов в различных областях математики, механики, физики, химии, биологии и инженерных наук. Все ресурсы сайта являются бесплатными для его пользователей.

EqWorld содержит около 2000 веб-страниц (книги библиотеки не учитываются), его посещают люди из 200 стран мира, средняя посещаемость сайта превышает 3000 человек в сутки. Адреса сайта в Интернете: <http://eqworld.ipmnet.ru/indexr.htm> (рус.), <http://eqworld.ipmnet.ru> (англ.).

2. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" (<http://window.edu.ru/library>).

Целью создания информационной системы "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" (ИС "Единое окно ") является обеспечение свободного доступа к интегральному каталогу образовательных интернет-ресурсов и к электронной библиотеке учебно-методических материалов для общего и профессионального образования.

Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" создана по заказу Федерального агентства по образованию в 2005-2008 гг. Главной разработчик проекта - Федеральное государственное автономное учреждение Государственный научно-исследовательский институт информационных технологий и телекоммуникаций (ФГАУ ГНИИ ИТТ "Информика") www.informika.ru.

ИС "Единое окно" объединяет в единое информационное пространство электронные ресурсы свободного доступа для всех уровней образования в России. Разделы этой системы:

- [Электронная библиотека](#) – является крупнейшим в российском сегменте Интернета хранилищем полнотекстовых версий учебных, учебно-методических и научных материалов с открытым доступом. Библиотека содержит более 30 000 материалов, источниками которых являются более трехсот российских вузов и других образовательных и научных учреждений. Основу наполнения библиотеки составляют электронные версии учебно-методических материалов, подготовленные в вузах, прошедшие рецензирование и рекомендованные к использованию советами факультетов, учебно-методическими комиссиями и другими вузовскими структурами, осуществляющими контроль учебно-методической деятельности.

- **Интегральный каталог образовательных интернет-ресурсов** содержит представленные в стандартизированной форме метаданные внешних ресурсов, а также содержит описания полнотекстовых публикаций электронной библиотеки. Общий объем каталога превышает 56 000 метаописаний (из них около 25 000 - внешние ресурсы). Расширенный поиск в "Каталоге" осуществляется по названию, автору, аннотации, ключевым словам с возможной фильтрацией по тематике, предмету, типу материала, уровню образования и аудитории.

- **Избранное.** В разделе представлены подборки наиболее содержательных и полезных, по мнению редакции, интернет-ресурсов для общего и профессионального образования.

- **Библиотеки вузов.** Раздел содержит подборки сайтов вузовских библиотек, электронных каталогов библиотек вузов и полнотекстовых электронных библиотек вузов.

На этом портале представлены многие из вышеперечисленных публикаций. Достаточно набрать в строке поиска "Радиоавтоматика"

Для самостоятельной работы рекомендуется использовать учебную литературу, указанную в разделе № 7 данной рабочей программы.

Для самостоятельного подбора литературы в библиотеке ЯрГУ рекомендуется использовать:

1. Личный кабинет (http://lib.uniyl.ac.ru/opac/bk_login.php) дает возможность получения on-line доступа к списку выданной в автоматизированном режиме литературы, просмотра и копирования электронных версий изданий сотрудников университета (учеб. и метод. пособия, тексты лекций и т.д.) Для работы в «Личном кабинете» необходимо зайти на сайт Научной библиотеки ЯрГУ с любой точки, имеющей доступ в Internet, в пункт меню «**Электронный каталог**»; пройти процедуру авторизации, выбрав вкладку «**Авторизация**», и заполнить представленные поля информации.

2. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ (http://www.lib.uniyl.ac.ru/opac/bk_cat_find.php) содержит более 2500 полных текстов учебных и учебно-методических материалов по основным изучаемым дисциплинам, изданных в университете. Доступ в сети университета, либо по логину/пароллю.

3. Электронная картотека «Книгообеспеченность» (http://www.lib.uniyl.ac.ru/opac/bk_bookreq_find.php) раскрывает учебный фонд научной библиотеки ЯрГУ, предоставляет оперативную информацию о состоянии книгообеспеченности дисциплин основной и дополнительной литературой, а также цикла дисциплин и специальностей. Электронная картотека «**Книгообеспеченность**» доступна в сети университета и через Личный кабинет.