

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Радиоэлектроники и телекоммуникационных систем (143)»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №13 от 02 июня 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«УСТРОЙСТВА ГЕНЕРИРОВАНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ СИГНАЛОВ»

Направление: 11.03.01 Радиотехника

Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной
подписью
Составитель программы: Ченский Дмитрий
Александрович
Дата подписания: 05.06.2026

Документ подписан простой электронной
подписью
Утвердил и согласовал: Ченский Александр
Геннадьевич
Дата подписания: 08.06.2026

Год набора – 2026

Иркутск, 2025 г.

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

1.1 Дисциплина «Устройства генерирования и формирования сигналов» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКР-2 Способность проводить настройку и регулировку узлов радиотехнических устройств и систем	ПКР-2.3
ПКР-4 Готовность к эксплуатации и развитию транспортных сетей и сетей передачи данных, включая спутниковые системы	ПКР-4.6

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКР-2.3	Знает принципы построения и работы устройств усиления и преобразования аналоговых сигналов, основные аспекты, проблемы и методы проектирования, разработки этих устройств и их применения в радиоэлектронной аппаратуре различного назначения	Знать принципы работы устройств генерирования, усиления и преобразования аналоговых сигналов, основные аспекты, проблемы и методы проектирования, разработки этих устройств и их применения в радиоэлектронной аппаратуре различного назначения. Уметь анализировать принципиальные схемы отдельных узлов тракта генерирования, формирования и усиления сигналов. Владеть навыками настройки, эксплуатации и поддержания работоспособности радиотехнических устройств, предназначенных для генерирования и формирования радиосигналов.
ПКР-4.6	Знает состав оборудования сети радиодоступа, методы модернизации действующего оборудования сети радиодоступа; базы данных элементов сети и способы управления оборудованием сети радиодоступа	Знать основные принципы построения структурных схем устройств генерирования информирования сигналов; принципиальные схемы отдельных узлов тракта генерирования, формирования и усиления сигналов. Уметь применять основные методы расчета при решении практических задач; измерять чувствительность и другие технические характеристики радиопередающего оборудования

		сети радиодоступа. Владеть методиками проектирования и расчета электронных узлов оборудования сети радиодоступа, предназначенных для генерирования и формирования радиосигналов.
--	--	--

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Устройства генерирования и формирования сигналов» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Физика», «Математика», «Основы теории цепей», «Методы программирования в системах радиосвязи», «Радиотехнические цепи и сигналы», «Электроника», «Схемотехника аналоговых электронных устройств», «Основы построения радиоэлектронных устройств», «Электропреобразовательные устройства РЭС»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Устройства приема и обработки сигналов», «Основы конструирования и технологии производства РЭС», «Радиотехнические системы», «Оптические устройства в радиотехнике», «Программируемые устройства в радиотехнике»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 7 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)		
	Всего	Семестр № 6	Семестр № 7
Общая трудоемкость дисциплины	252	72	180
Аудиторные занятия, в том числе:	112	48	64
лекции	32	16	16
лабораторные работы	32	16	16
практические/семинарские занятия	48	16	32
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	104	24	80
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	0	36
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет, Экзамен	Зачет	Экзамен

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 6

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Общие принципы построения радиопередающи х устройств	1	2					3	2	Контрольн ая работа
2	Генераторы с внешним возбуждением (ГВВ). Усилитель мощности (УМ)	2	2	1	2	1	2	1	2	Отчет по лаборатор ной работе
3	Применение биполярных транзисторов в УМ	3	2	2	2	2	2	1, 4	4	Отчет по лаборатор ной работе
4	Согласующие цепи в генераторах с внешним возбуждением (ГВВ)	4	2	3	4	3	2	1, 4	4	Отчет по лаборатор ной работе
5	Принципы сложения мощностей активных элементов в ГВВ	5	2			4, 5	4			Контрольн ая работа
6	Автогенераторы (АГ)	6	2	4	4	6	2	1, 4	4	Отчет по лаборатор ной работе
7	Автогенераторы с кварцевым резонатором	7	2			7	2			Контрольн ая работа
8	Возбудители передатчиков. Синтезаторы частоты	8	2	5	4	8	2	1, 2, 4	8	Отчет по лаборатор ной работе
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		16		16		16		24	

Семестр № 7

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Формирование радиосигналов с амплитудной модуляцией	1	2			1, 2, 3	12	1, 2, 3	16	Контрольн ая работа
2	Формирование радиосигналов с угловой модуляцией	2	2	1	4	4	4	2	8	Отчет по лаборатор ной работе
3	Способы	3	2	2	4	5	4	1, 2	12	Отчет по

	модуляции при формировании дискретных сигналов									лабораторной работе
4	Импульсные модуляторы	4	2	3	4			1, 3	8	Отчет по лабораторной работе
5	Квадратурные модуляторы. Передискретизация сигналов.	5	2			6	4	2	8	Отчет по лабораторной работе
6	Цифровые методы модуляции сигналов	6	2	4	4	7	4	1, 3, 3	12	Отчет по лабораторной работе
7	Цифровые фильтры формирования сигналов	7	2					2	8	Контрольная работа
8	Передача цифровых сигналов методом OFDM	8	2			8	4	2	8	Контрольная работа
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен
	Всего		16		16		32		116	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 6

№	Тема	Краткое содержание
1	Общие принципы построения радиопередающих устройств	Общие принципы построения цифровых и аналоговых радиопередатчиков. Особенности применения различных радиопередатчиков. Принципы построения и особенности вещательных, телевизионных, радиорелейных, тропосферных и спутниковых передатчиков, а также передатчиков мобильной связи.
2	Генераторы с внешним возбуждением (ГВВ). Усилитель мощности (УМ)	Основные характеристики, структурная схема усилителя мощности (УМ). Режимы работы УМ, напряженность режимов, основные характеристики.
3	Применение биполярных транзисторов в УМ	Применение биполярных транзисторов в УМ генераторов с внешним возбуждением. Гармонический анализ токов и напряжений. Нагрузочные характеристики. Особенности работы биполярных транзисторов в УМ.
4	Согласующие цепи в генераторах с внешним возбуждением (ГВВ)	Основные параметры согласующей цепи в генераторах с внешним возбуждением. Цепи питания и смещения УМ: практические схемы. Согласующие цепи на реактивных элементах. Расчет согласующих цепей.
5	Принципы сложения мощностей активных элементов в ГВВ	Принципы сложения мощностей активных элементов в ГВВ. Синфазные и квадратурные мостовые схемы сложения. Параллельная и

		двухтактная схема включения
6	Автогенераторы (АГ)	Генераторы с самовозбуждением (автогенераторы). Схемы генераторов. Автогенераторы на трехполюсных элементах. Уравнения баланса фаз и баланса амплитуд. Режимы возбуждения автогенераторов. Цепи питания и смещения АГ. Режимы Схема Клаппа.
7	Автогенераторы с кварцевым резонатором	Кварцевый резонатор, Схемы кварцевых автогенераторов, Автогенераторы на одноходовых резонаторах. Атомные стандарты частоты.
8	Возбудители передатчиков. Синтезаторы частоты	Синтезатор частот с частотной или фазовой модуляцией. Схема возбудителя для радиопередатчика. Цифровые и аналоговые синтезаторы частоты. Синтезаторы с ФАПЧ.

Семестр № 7

№	Тема	Краткое содержание
1	Формирование радиосигналов с амплитудной модуляцией	Классификация методов амплитудной модуляции. Балансная модуляция (БМ). Полярная модуляция. Однополосная модуляция с подавленной несущей. Принцип формирования и применение однополосной модуляции SSB.
2	Формирование радиосигналов с угловой модуляцией	Угловая модуляция. Частотная и фазовая модуляция. Принцип определения значения фазового угла. Мгновенная частота Индекс модуляции.
3	Способы модуляции при формировании дискретных сигналов	Дискретная модуляция (манипуляция сигналами). Коэффициент корреляции. Межсимвольная интерференция и элементы задержки. Значащая позиция, единичный интервал и элементарный импульс (символ).
4	Импульсные модуляторы	Импульсные модуляторы (ИМ). Схемы ИМ. Импульсные модуляторы с частичным разрядом емкости. Процесс формирования фронта и спада напряжения. Формирование плоской части импульса. Импульсные модуляторы с тиратронным коммутатором.
5	Квадратурные модуляторы. Передискретизация сигналов.	Аналоговые квадратурные модуляторы и демодуляторы. Цифровые модуляторы с интерполятором и ЦАП. Структурная схема приемопередатчика. КАМ сигналы. Структура сигналов КАМ. Цифровые демодуляторы с АЦП и дециматором. Передискретизация сигналов. Интерполяционный полином. Использование полиномиальной интерполяции для цифровой передискретизации сигналов. Минимизация умножителей при расчете интерполяционного полинома.
6	Цифровые методы	Цифровые методы модуляции сигналов.

	модуляции сигналов	Импульсно-кодовая модуляция, Δ -модуляция. Спектральные характеристики дискретных сигналов. Сравнение помехоустойчивости дискретных сигналов. Оптимальные параметры при доступе с частотным разделением каналов.
7	Цифровые фильтры формирования сигналов	Цифровые фильтры (ЦФ). Условия приема без межсимвольных искажений. Функциональная схема цифровых фильтров. Классификация цифровых фильтров. Каузальные и некаузальные ЦФ. Линейные рекурсивные и нерекурсивные ЦФ. ЦФ с конечной и бесконечной импульсными характеристиками.
8	Передача цифровых сигналов методом OFDM	Мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов, Преимущества OFDM. Модель идеальной системы с OFDM. Передатчик и приемник OFDM. Применение технологии цифровой модуляции OFDM в сетях WiMax и LTE.

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 6

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Исследование генератора с внешним возбуждением	2
2	Исследования нагрузочных характеристик ГВВ	2
3	Исследование схем узкополосных согласующих устройств	4
4	Исследование RC автогенератора	4
5	Исследование синтезатора частоты	4

Семестр № 7

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Исследование амплитудной и частотной модуляции	4
2	Исследование квадратурной фазовой манипуляции ФМ-4 (QPSK)	4
3	Исследование широтно-импульсной модуляции	4
4	Исследование цифрового канала связи	4

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 6

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Принципы построения схем транзисторных и ламповых УМ. Напряженность режимов работы	2

	АЭ в УМ.	
2	Статические характеристики транзистора и их аппроксимация. Расчет режима маломощного каскада УМ на умеренных частотах	2
3	Расчет согласующих цепей. Расчет цепей смещения и питания.	2
4	Расчет режима работы мощного транзисторного каскада	2
5	Расчет схемы синфазного моста сумматора двух генераторов. Исследование трехдецибельного направленного ответвителя.	2
6	Расчет режима работы АГ. Анализ уравнений баланса амплитуд и фаз трехточечного автогенератора.	2
7	Расчет режима работы АГ с настройкой варикапом	2
8	Расчет синтезатора частоты	2

Семестр № 7

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Моделирование процесса получения амплитудной модуляции (АМ)	4
2	Моделирование процесса получения АМ с подавленной несущей	4
3	Моделирование способа получения однополосной модуляции	4
4	Моделирование процесса получения сигнала с частотной модуляцией	4
5	Моделирование процессов получения модулированных сигналов при передаче дискретных и цифровых сигналов.	4
6	Квадратурное разложение сигналов с частотной манипуляцией	4
7	Цифровые формирующие фильтры в GMSK и QAM системах	4
8	Формирование сигналов с OFDM модуляцией	4

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 6

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	10
2	Подготовка к зачёту	4
3	Подготовка к контрольным работам	2
4	Подготовка к сдаче и защите отчетов	8

Семестр № 7

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	16
2	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	48
3	Подготовка к сдаче и защите отчетов	16

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: мультимедийные технологии подачи лекционного материала, обучающие видеозаписи, групповые дискуссии, решение специальных задач в малых группах, кейс-метод проектирования и решения задач.

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Устройства генерирования и формирования радиосигналов : метод. указания для курсового и диплом. проектирования / Иркут. гос. техн. ун-т, 2002. - 17 с.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Полетаев А. С. Устройства генерирования и формирования сигналов : электронный курс / А. С. Полетаев, 2023

5.1.3 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Устройства генерирования и формирования радиосигналов [Текст] : конспект лекций / Иркут. гос. техн. ун-т; [сост. В. Е. Засенко]. Ч. 1, 2005. - 90 с.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 6 | Контрольная работа

Описание процедуры.

В течение 10 минут студенты дают краткие письменные ответы на вопросы, рассмотренные в лекциях текущего контроля. Допускается использование только своих конспектов лекций.

Пример:

1. Автогенераторы на трехполюсных активных элементах. Уравнение баланса трехточечного автогенератора.
2. Схемы автогенераторов (анализ управляющего сопротивления).
3. Режимы самовозбуждения автогенераторов.
4. Цепи питания и смещения автогенератора.
5. Особенности расчета автогенератора.

Критерии оценивания.

Контрольная работа засчитывается, если количество правильных ответов составляет не менее 80% от общего числа вопросов.

6.1.2 семестр 6 | Отчет по лабораторной работе

Описание процедуры.

Студенты выполняют работы на лабораторных стендах, фиксируют результаты измерений и наблюдений, готовят расчетно-графические материалы и отчет в электронном виде. Защита отчетов происходит в форме индивидуального устного собеседования по теме лабораторной работы.

Пример задания:

1. Определение диапазона перестройки генератора, управляемого напряжением (ГУН). Снятие характеристики управления. Определение нестабильности частоты ГУН при разомкнутой петле импульсной фазовой автоподстройки частоты.
2. Определение параметров опорного генератора и расчет шага сетки частот для $M = 50, 100, 200$.
3. Расчет допустимых значений N для заданного шага сетки частот и измеренного диапазона перестройки ГУН.
4. Расчет значений M и N для заданного диапазона частоты.
5. Экспериментальная проверка правильности расчета M и N .
6. Определение нестабильности частоты ГУН при замкнутой петле импульсной фазовой автоподстройки частоты.

Критерии оценивания.

Контрольная работа засчитывается, если количество правильных ответов составляет не менее 80% от общего числа вопросов.

6.1.3 семестр 7 | Контрольная работа

Описание процедуры.

В течение 10 минут студенты дают краткие письменные ответы на вопросы, рассмотренные в лекциях текущего контроля. Допускается использование только своих конспектов лекций.

Пример:

1. Структурная схема передатчика с угловой модуляцией.
2. Области применения передатчиков с угловой модуляцией.
3. Амплитудная модуляция смещением.
4. Амплитудная модуляция возбуждением.
5. Коллекторная амплитудная модуляция.

Критерии оценивания.

Контрольная работа засчитывается, если количество правильных ответов составляет не менее 80% от общего числа вопросов.

6.1.4 семестр 7 | Отчет по лабораторной работе

Описание процедуры.

Студенты выполняют работы на лабораторных стендах, фиксируют результаты измерений и наблюдений, готовят расчетно-графические материалы и отчет в электронном виде. Защита отчетов происходит в форме индивидуального устного собеседования по теме лабораторной работы.

Пример задания:

В качестве первой задачи в этой ЛР вы будете строить ВП – генератор синуса. После того как вы завершите создание этого ВП, убедитесь, что блок-схема вашего ВП подобна приведенной на рис. 2.2, и, что передняя панель схожа с панелью, показанной на рис. 2.3. Выполните следующие действия, чтобы начать использовать NI USRP в качестве генератора:

- 1) Для запуска LabVIEW выберите: Start (Пуск) → Programs (Программы) → National Instruments → Lab VIEW 2010 → LabVIEW. Появится диалоговое окно LabVIEW.
- 2) Нажмите New, выберите Blank VI, и нажмите кнопку OK, чтобы создать новый ВП.
- 3) Откройте блок-схему, щелкнув по ней, или выберите Window → Show Block Diagram (Показать блок-схему).
- 4) Перейдите к ВП NI USRP. Для этого выберите Functions → Instrument I/O → Instrument Drivers (драйверы приборов) → NI-USRP → TX palette (палитры).
- 5) Создайте блок-схему, показанную на рис. 2 путем размещения четырех основных ВП на блок-схеме в порядке их появления в палитре NI USRP.
- 6) Наведите указатель мыши над device name терминала на NI USRP TX Open Session VI и щелкните правой кнопкой мыши. Выберите Create → Control для создания переменной на лицевой панели, где вы указываете имя устройства NI USRP.
- 7) Наведите указатель мыши над IQ rate, carrier frequency и gain (коэффициент усиления) терминалов NI USRP Configure Signal VI.
- 8) Щелкайте правой кнопкой мыши на каждый терминал и выберите Create → Control, для создания переменных частоты, IQ скорости и усиления.
- 9) Перейдите на лицевую панель, щелкнув по ней, или выбрав Window → Show Front Panel. Отобразятся поля, в которых вы можете указать частоту, скорость IQ, и усиление.

Непрерывная генерация сигнала управляется с помощью кнопки STOP. Кнопка остановки, как правило, используются в цикле. На рисунке 2 видим расположенный цикл вокруг Write TX Data VI, чтобы генерация сигнала продолжалась, пока не будет нажата кнопка STOP.

Постройте While Loop (цикл) и кнопку STOP, выполнив следующие действия:

- 1) Перейти на блок-диаграмму, кликнув по ней или выбрав Window → Show Blok Diagram.
- 2) Выберите While Loop в палитре All Functions → Structures.
- 3) Поместите NI USRP Write TX Data (Poly) VI внутрь цикла.
- 4) Наведите указатель мышки на Loop Condition внутри цикла While Loop.
- 5) Щелкните правой кнопкой мыши на терминал Loop Condition и выберите Create Control из контекстного меню, чтобы создать кнопку STOP на передней панели ВП
- 6) Создайте индикатор ошибки, щелкнув правой кнопкой мыши на выходе error out элемента USRP Close Session VI и выберете Create → Indicator.

Теперь вы должны создать сигнал для передачи. Мы будем передавать немодулированную синусоиду, обозначаемую как carrier frequency. Это значит, что амплитуда модулирующего сигнала постоянна. Для генерации такого сигнала, выполните следующие шаги:

- 1) Поместите элемент Initialize Array на блок-схему.

- 2) Правой клавишей мышки щелкните на элемент массива функции Initialize Array и выберите Create → Constant. Дважды щелкните на постоянную, которая была создана и сделайте её равной 1.
- 3) Щелкните правой кнопкой мыши на dimension size (размерность массива) и выберите Create → Control.
- 4) Соедините выход Initialize Array со входом данных блока USRP Write TX Data (Poly) VI.
- 5) Соедините кнопку СТОП, которая была создана для While Loop, с входом end of data в элементе niUSRP Write TX Data (poly) VI и выберите CDB для ВП в появившемся меню.

Помните, что для того, чтобы управлять вашим ВП, генерирующим синус, вы должны правильно настроить USRP IP-адрес для USRP (вход niUSRP Initialize.vi). Вы можете найти IP адреса для всех устройств USRP подключенных к компьютеру с помощью NI USRP Configuration Utility.

Для правильной настройки, установите остальные параметры как указано ниже и запустите ВП:

- Несущая частота = 2,4 ГГц
- IQ скорость [выборки/с] = 400k
- усиление [дБ] = 20
- длительность сигнала = 10000
- активная антенна = TX1

Теперь вы будете испытывать свой ВП с помощью niUSRP EX Spectral Monitoring (Interactive) VI (спектральный монитор), который можно найти в палитре функций. Этот анализатор спектра позволит вам наблюдать частотную область вашей основной синусоиды, предназначенной для передачи по беспроводной связи. Следующие директивы описывают основные правила работы с Spectral Monitoring VI.

- 1) Во-первых, откройте Spectral Monitoring VI. Для этого выберите Functions Palette → Instrument I/O → Instrument Drivers → NI-USRP → Examples → niUSRP EX Spectral Monitoring (Interactive) VI.
- 2) Убедитесь, что IP адрес USRP соответствует значениям, указанным в NI USRP Configuration Utility.
- 3) После открытия ВП вам необходимо изменить настройки на передней панели. Для этого эксперимента используйте параметры перечисленные ниже.
 - Центральная частота = 2,4 ГГц
 - Частота дискретизации IQ [выборки/с] = 400k
 - Acq Продолжительность [с] = 50 m

Критерии оценивания.

Выполнены все задания в методических указаниях к лабораторной работе, получены корректные результаты измерений, сформулированы выводы по проделанной работе, даны правильные ответы на контрольные вопросы преподавателя, отчет оформлен с соблюдением всех предъявляемых требований.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания
----------------------------------	---------------------	------------------------------

		промежуточной аттестации
ПКР-2.3	Исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает излагает принципы функционирования различных устройств генерирования и формирования радиосигналов. Выполняет подключение лабораторного оборудования экспериментального исследования преобразований сигналов в отдельных радиотехнических узлах. Демонстрирует умение настраивать оборудование и средства технического контроля аппаратуры для генерирования и формирования сигналов.	Устное собеседование по теоретическим вопросам и/или выполнение практических заданий.
ПКР-4.6	Исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает теоретический материал, использует в ответе функциональные связи и аналитические зависимости процессов генерирования и формирования сигналов, в ответах используют принципиальные схемы и объясняет принцип их работы, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение, демонстрирует разносторонние навыки и приемы выполнения практических задач.	Устное собеседование по теоретическим вопросам и/или выполнение практических заданий.

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 6, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

К зачету допускаются студенты выполнившие и защитившие все лабораторные работы и выполнившие задания практических занятий. Зачет проводится в виде компьютерного теста, содержащего порядка 30 вопросов. Возможен устный контроль по вопросам.

Вопросы к зачету по дисциплине «Устройства генерирования и формирования сигналов»:

1. Дайте определение понятия генератора с внешним возбуждением (ГВВ).
2. Структурная схема усилителя мощности (УМ). Объясните назначение основных цепей. Требования, предъявляемые к УМ.
3. Принципы построения схем УМ.
4. Охарактеризуйте основные режимы работы АЭ в УМ.
5. Схемы питания и смещения ГВВ. Каковы их преимущества и недостатки?

6. В чем сущность метода анализа работы ГВВ при идеализации статических характеристик АЭ, достоинства, недостатки метода? Правила идеализации.
7. Ключевые режимы работы АЭ в УМ.
8. Режим работы УМ с гармоническим коллекторным напряжением и отсечкой выходного тока. Понятие угла отсечки.
9. Параметры и характеристики АЭ, применяемых в ГВВ. Аппроксимация статистических характеристик АЭ. Динамическая характеристика.
10. Напряженность режимов работы АЭ в УМ.
11. Гармонический анализ токов и напряжений в цепях усилителя мощности.
12. Нагрузочные характеристики усилителя мощности.
13. Расчет режима работы активного элемента (маломощный транзистор)
14. Особенности работы биполярных транзисторов в усилителях мощности. Особенности расчета.
15. Коррекция частотных характеристик маломощного транзистора.
16. Особенности расчета режимов мощных биполярных транзисторов.
17. Разновидности согласующих цепей в усилителях мощности.
18. Согласующие цепи широкополосных усилителей мощности.
19. Способы сложения мощностей активных элементов.
20. Параллельное и двухтактное включение активных элементов.
21. Мостовое включение активных элементов. Применение и разновидности мостовых схем сложения мощности.
22. Синфазные мостовые схемы сложения.
23. Квадратурные мостовые схемы сложения.
24. Назначение и классификация умножителей частоты. Транзисторные умножители частоты.
25. Принцип работы трехдецибельного направленного ответвителя.
26. Автогенераторы на трехполюсных активных элементах. Уравнение баланса трехточечного автогенератора.
27. Схемы автогенераторов (анализ управляющего сопротивления).
28. Режимы самовозбуждения автогенераторов.
29. Цепи питания и смещения автогенератора.
30. Особенности расчета автогенератора.
31. Индуктивная трехточка. Условия самовозбуждения, частота генерации, цепи питания.
32. Емкостная трехточка. Условия самовозбуждения, частота генерации, цепи питания.
33. Стабильность частоты АГ. Дестабилизирующие факторы и механизмы их влияния на нестабильность частоты автогенератора.
34. Емкостная трехточка по схеме Клаппа.
35. Кварцевый резонатор, частотные свойства и параметры кварцевых резонаторов.
36. Схемы кварцевых автогенераторов.
37. Схема возбуждения кварца на механических гармониках.
38. Теория частотной автоподстройки частоты.
39. Принцип действия систем фазовой автоподстройки частоты.

Пример задания:

1. Какой режим работы усилителя мощности по напряженности считается оптимальным?
 - Критический режим
 - Перенапряженный режим
 - Недонапряженный режим
 - Линейный режим

2. Какой вид имеет форма импульса тока в перенапряженном режиме при работе с гармоническим коллекторным напряжением и отсечкой выходного тока?
- Косинусоида с провалом
 - Косинусоидальный
 - Треугольный
 - Прямоугольный
3. Какое по величине смещение необходима подать на транзистор, чтобы угол отсечки не зависел от амплитуды возбуждения?
- Смещение равное напряжению отсечки
 - Смещение равное 1.5 В
 - Смещение равное нулю
 - Смещение равное 1.3 В
4. Как определить гармонические составляющие косинусоидального импульса коллекторного тока, если известна его амплитуда?
- Умножением амплитуды импульса на соответствующие α -коэффициенты Берга.
 - Умножением амплитуды импульса на косинус угла отсечки.
 - Делением амплитуды на $\cos(\pi - \theta)$.
 - Умножением амплитуды импульса на соответствующие γ -коэффициенты Берга.
5. В маломощном каскаде передатчика введена базовая коррекция. Изменение какого параметра транзистора необходимо учитывать при расчете каскада с коррекцией?
- Напряжения отсечки и крутизны
 - Напряжения отсечки
 - Крутизны
 - Сопротивления насыщения

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
студент получает «зачтено», если он выполнил и защитил все практические работы, ответил на вопросы компьютерного теста.	студент получает «не зачтено» если ответил меньше чем на половину вопросов компьютерного теста.

6.2.2.2 Семестр 7, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.2.1 Описание процедуры

Экзамен относится к итоговому контролю по изучению курса «Устройства генерирования и формирования сигналов». К экзамену допускаются студенты, успешно выполнившие курс практических занятий и защитившие все лабораторные работы. Экзамен проходит в устной форме. Экзаменационный билет содержит три теоретических вопроса из различных разделов курса.

Вопросы к экзамену по дисциплине «Устройства генерирования и формирования сигналов»:

Тема № 1 Генераторы с внешним возбуждением (ГВВ)

1. Дайте определение понятия генератора с внешним возбуждением (ГВВ).

2. Структурная схема усилителя мощности (УМ). Объясните назначение основных цепей. Требования, предъявляемые к УМ.
3. Принципы построения схем УМ.
4. Охарактеризуйте основные режимы работы АЭ в УМ.
5. Схемы питания и смещения ГВВ. Каковы их преимущества и недостатки?
6. В чем сущность метода анализа работы ГВВ при идеализации статических характеристик АЭ, достоинства, недостатки метода? Правила идеализации.
7. Ключевые режимы работы АЭ в УМ.
8. Режим работы УМ с гармоническим коллекторным напряжением и отсечкой выходного тока. Понятие угла отсечки.
9. Параметры и характеристики АЭ, применяемых в ГВВ. Аппроксимация статистических характеристик АЭ. Динамическая характеристика.
10. Напряженность режимов работы АЭ в УМ.
11. Гармонический анализ токов и напряжений в цепях усилителя мощности.
12. Нагрузочные характеристики усилителя мощности.
13. Расчет режима работы активного элемента (маломощный транзистор)
14. Особенности работы биполярных транзисторов в усилителях мощности. Особенности расчета.
15. Коррекция частотных характеристик маломощного транзистора.
16. Особенности расчета режимов мощных биполярных транзисторов.
17. Разновидности согласующих цепей в усилителях мощности.
18. Согласующие цепи широкополосных усилителей мощности.
19. Способы сложения мощностей активных элементов.
20. Параллельное и двухтактное включение активных элементов.
21. Мостовое включение активных элементов. Применение и разновидности мостовых схем сложения мощности.
22. Синфазные мостовые схемы сложения.
23. Квадратурные мостовые схемы сложения.
24. Назначение и классификация умножителей частоты. Транзисторные умножители частоты.
25. Принцип работы трехдецибельного направленного ответвителя.

Тема №2 Автогенераторы (АГ)

1. Автогенераторы на трехполюсных активных элементах. Уравнение баланса трехточечного автогенератора.
2. Схемы автогенераторов (анализ управляющего сопротивления).
3. Режимы самовозбуждения автогенераторов.
4. Цепи питания и смещения автогенератора.
5. Особенности расчета автогенератора.
6. Индуктивная трехточка. Условия самовозбуждения, частота генерации, цепи питания.
7. Емкостная трехточка. Условия самовозбуждения, частота генерации, цепи питания.
8. Стабильность частоты АГ. Дестабилизирующие факторы и механизмы их влияния на нестабильность частоты автогенератора.
9. Емкостная трехточка по схеме Клаппа.
10. Кварцевый резонатор, частотные свойства и параметры кварцевых резонаторов.
11. Схемы кварцевых автогенераторов.
12. Схема возбуждения кварца на механических гармониках.
13. Теория частотной автоподстройки частоты.
14. Принцип действия систем фазовой автоподстройки частоты.

15. Основные принципы построения синтезаторов частот.
16. Принципы построения синтезатора частоты на основе прямого синтеза.
17. Принципы построения синтезатора частоты с использованием схемы фазовой автоподстройки частоты.
18. Синтезатор частоты с использованием ДПКД.

Тема № 3 Формирование радиосигналов

1. Дайте определение понятий: модуляция, модулирующий сигнал, несущая частота. Основные соотношения при амплитудной модуляции.
2. Угловая модуляция - основные понятия, отличительные черты ЧМ и ФМ колебаний.
3. Однополосная модуляция, особенности, применение?
4. Структурная схема передатчика при АМ.
5. Структурная схема передатчика с угловой модуляцией.
6. Области применения передатчиков с угловой модуляцией.
7. Амплитудная модуляция смещением.
8. Амплитудная модуляция возбуждением.
9. Коллекторная амплитудная модуляция.
10. Комбинированная амплитудная модуляция.
11. Способы формирования колебания с одной боковой полосой.
12. Методы получения ЧМ колебаний.
13. Получение ЧМ колебания прямым методом.
14. Фазовый модулятор.
15. Получение ЧМ колебания косвенным методом.
16. Частотная и фазовая манипуляция.
17. Структурная схема получения ЧМ сигнала без разрыва фазы.
18. Принципы построения и области применения передатчиков с импульсной модуляцией.
19. Ключи и накопители, применяемые в импульсных модуляторах.
20. Принципы построения импульсных модуляторов.
21. Модулятор на жесткой лампе.
22. Импульсный модулятор на мягкой лампе.
23. Импульсный модулятор на нелинейных индуктивностях.
24. Многоуровневая амплитудно-фазовая модуляция.

Тема № 4 Цифровые методы формирования радиосигналов

1. Дайте определение узкополосного сигнала.
2. Что такое комплексная огибающая узкополосного сигнала, какая информация заложена в это понятие?
3. Что такое квадратурная обработка сигналов? Как она реализуется и для чего применяется?
4. Как осуществляется квадратурная обработка узкополосных радиосигналов и какие спектральные преобразования ей соответствуют?
5. Что представляет из себя универсальный квадратурный модулятор?
6. Объясните понятие «передискретизация» сигналов.
7. Что такое многоскоростные системы цифровой обработки сигналов?
8. Что такое интерполяция сигнала и с помощью каких систем ЦОС она выполняется?
9. Каким образом возможен перенос спектра сигнала в восходящей дискретной системе (ВДС)?
10. На какие частоты может быть перенесен спектр сигнала в ВДС?

11. Что такое децимация сигнала и с помощью каких систем ЦОС она реализуется?
12. Какую задачу решает нисходящая дискретная система (НДС)?
13. Как осуществляется перенос спектра сигнала в НДС и на какие частоты может быть перенесен спектр сигнала в НДС?
14. Модуляция, применяемая для цифрового телевидения стандарта DVB-T.

Пример задания:

Билет №1.

1. Принципы построения схем УМ.
2. Индуктивная трехточка. Условия самовозбуждения, частота генерации, цепи питания.
3. Что представляет из себя универсальный квадратурный модулятор?_

6.2.2.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительн о	Неудовлетворительно
для получения оценки «отлично» необходимо полностью раскрыть содержание билета	для получения оценки «хорошо» необходимо верно ответить на все теоретические вопросы, но содержание раскрыто неполностью	для получения оценки «удовлетворительно» достаточно правильно ответить на два теоретических вопроса	студент получает оценку «не удовлетворительно» если не ответил ни на один вопрос

7 Основная учебная литература

1. Полетаев А. С. Устройства генерирования и формирования сигналов : электронный курс / А. С. Полетаев, 2023

[Сайт] – URL: <https://el.istu.edu/course/view.php?id=5140>

2. Устройства генерирования и формирования радиосигналов [Текст] : конспект лекций / Иркут. гос. техн. ун-т; [сост. В. Е. Засенко]. Ч. 1, 2005. - 90.

3. Устройства генерирования и формирования радиосигналов : метод. указания для курсового и диплом. проектирования / Иркут. гос. техн. ун-т, 2002. - 17.

4. Устройства генерирования и формирования радиосигналов [Электронный ресурс] : методические указания для курсового и дипломного проектирования / Иркутский гос. технический ун-т, 2001. - 17.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-4651.pdf>

5. Головин О. В. Устройства генерирования, формирования, приема и обработки сигналов : учебное пособие по специальностям «Средства связи с подвижными объектами» и «Радиосвязь, радиовещание и телевидение» / О. В. Головин, 2012. - 782.

6. Цифровые и аналоговые системы передачи : учеб. для вузов по направлению "Телекоммуникации" ... / В. И. Иванов [и др.]; под ред. В. И. Иванова [и др.], 2005. - 231.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Устройства генерирования и формирования радиосигналов : учебник для вузов по спец. "Радиотехника" / Под ред. Г. М. Уткина. В. М. Кулешова, 1994. - 416.

2. Дегтярь Г. А. Устройства генерирования и формирования радиосигналов : учеб. пособие для студентов 3-го курса РТФ (спец. 2301). Ч. 1 / Г. А. Дегтярь; Новосиб. гос. техн. ун-т, 1993. - 172.

3. Александров Алексей Иванович. Устройства генерирования и формирования радиосигналов : учеб. пособие / Алексей Иванович Александров; Моск. ин-т радиотехники, электрон. и автоматики, 1993. - 75.

4. Першин В. Т. Формирование и генерирование сигналов в цифровой радиосвязи : учебное пособие для вузов по направлению 210000 "Электронная техника, радиотехника и связь" / В. Т. Першин, 2013. - 612.

5. Скляр Бернард. Цифровая связь: Теорет. основы и практ. применение : [Пер. с англ.] / Бернард Скляр, 2003. - 1099.

6. Феер К. Беспроводная цифровая связь: Методы модуляции и расширения спектра / К. Феер, 2000. - 518.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <https://el.istu.edu/course/view.php?id=5140>

2. <http://library.istu.edu/>

3. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>

2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Office 2019 Pro Plus

2. LabView

3. MATLAB_поставка 2015

4. MultiSim 10.1_EDUCATION_25 USER LICENSE _поставка 2010

5. PTC Mathcad Professional _поставка 2014

6. Свободно распространяемое программное обеспечение Electronic Workbench (EWB) 5.12

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. установка "Устройства генерирования и формирования радиосигналов"
2. Генератор сигналов высокочастотный GRG-450B
3. установка "Устройства генерирования и формирования радиосигналов"
4. настольная станция с прогр.обесп.для электротех.дисциплин
5. Компьютер "Intel Core i3/DDR 4Gb/HDD 1Tb/GF 1Gb/LCD23' /ИБП"
6. 313028 Осциллограф С1-73
7. 311425 Изделие Р 678 н
8. 311426 Изделие Р 678 н
9. компьютер iP4-631/1024/HDD120/GF256MB/DVD-RW/LCD19"LG1953
10. Компьютер в сборе BN-Ir1811-1 iC2D/iG/2Gb/320Gb/DWD-RWCR/кл/мышь/LCD 19"/ИБП/MOS
11. 311430 Изделие Р-326М
12. Анализатор систем связи General Dynamics R8000
13. 311429 Изделие Р-326М
14. Измеритель RLC E7-22
15. 313022 Осциллограф С1-73
16. 311431 Изделие Р-326М
17. компьютер iP4-631/1024/HDD120/GF256MB/DVD-RW/LCD19"LG1953
18. Доска магнитно-маркерная INDEX настенная ,размер 1x1.8 м
19. Изделие Р-140М2
20. Компьютер Intel 3.2GHz/4Gb/1Tb/DVDRW/Foxconn50DV/Cardreader/NVIDIA 1Gb/ИБП Iron 800/LG W1942/кл/мышь
21. Проектор Viewsonic PJD7383 DLP
22. МФУ HP LJ Pro 1536 MFP
23. 311306 Генератор Г4-154
24. 312574 Генератор Г4-151
25. Универс. приемо-передающая платформа для проектиров. СВЧ-систем
26. Экран ScreenMedia GoldView 274*206 настенный

27. Макетная плата EmonaDATEх для учебной лабораторной станции виртуальных приборов- платформа NI ELVIS