

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол от

«14» декабря 2021 г. № 4

Рабочая программа дисциплины

Устройства генерирования и формирования
сигналов

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

Специалитет

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

11.05.02 - Специальные радиотехнические системы

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Радиотехнические системы и комплексы специального назначения

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2022 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина Б1.В.09 «Устройства генерирования и формирования сигналов» относится к вариативной части ООП направления подготовки 11.05.02 Специальные радиотехнические системы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

| Формируемые компетенции (код, содержание компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции | | Наименование оценочного средства |
|---|---|---|--|
| | Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора) | Результаты обучения по дисциплине | |
| <p><i>ПК-2:</i></p> <p><i>Способен проводить математическое и компьютерное моделирование, а также экспериментальные исследования объектов и процессов в целях анализа и оптимизации параметров радиоэлектронных средств и апробации перспективных технических решений</i></p> | <p><i>ПК-2.1: Понимает основы моделирования и компьютерного проектирования радиоэлектронных средств, стандартные пакеты прикладных программ, ориентированных на решение научных и проектных задач радиоэлектроники.</i></p> <p><i>ПК-2.2: Понимает математические модели процессов и явлений, лежащих в основе принципов действия радиоэлектронных средств</i></p> <p><i>ПК-2.3: Применяет компьютерные системы и пакеты прикладных программ для проектирования и моделирования радиоэлектронных средств.</i></p> <p><i>ПК-2.4: Проводит экспериментальные исследования в целях анализа и оптимизации параметров радиоэлектронных средств и апробации перспективных технических решений</i></p> | <p><i>ПК-2.1: Знание основ моделирования и компьютерного проектирования радиоэлектронных средств, стандартные пакеты прикладных программ, ориентированных на решение научных и проектных задач радиоэлектроники.</i></p> <p><i>ПК-2.2: Знание математических моделей процессов и явлений, лежащих в основе принципов действия радиоэлектронных средств</i></p> <p><i>ПК-2.3: Умение применять компьютерные системы и пакеты прикладных программ для проектирования и моделирования радиоэлектронных средств.</i></p> <p><i>ПК-2.4: Навык экспериментальных исследований в целях анализа и оптимизации параметров радиоэлектронных средств и апробации перспективных технических решений</i></p> | <p><i>Собеседование, задача (практическое задание)</i></p> |

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

| | |
|--|-----------------------------|
| | очная |
| Общая трудоемкость | 4 ЗЕТ |
| Часов по учебному плану | 144 |
| в том числе | |
| аудиторные занятия (контактная работа): | |
| - занятия лекционного типа | 32 |
| - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы) | 16 |
| - КСР | 2 |
| самостоятельная работа | 40 |
| Промежуточная аттестация | 54 экзамен |

3.2.Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

| Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины | Всего (часы) | в том числе | | | | |
|--|--------------|--|---------------------------|----------------------------|-------|---|
| | | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них | | | | Самостоятельная работа обучающегося, часы |
| | | Занятия лекционного типа | Занятия семинарского типа | Занятия лабораторного типа | Всего | |
| | очная | очная | очная | очная | очная | очная |
| Тема 1. Функции и параметры радиопередающих устройств (РПДУ). Основные определения. Частотные диапазоны. Аналоговые и цифровые сообщения. Классификация, структурная схема и параметры РПДУ. | 4 | 2 | | | 2 | 2 |
| Тема 2. Общие принципы генерирования и усиления ВЧ и СВЧ колебаний. Общие сведения о генераторах ВЧ и СВЧ колебаний. Классификация генераторов и области их применения. Взаимодействие носителей заряда с электромагнитным полем. Принцип синхронизма. | 4 | 2 | | | 2 | 2 |

| | | | | | | |
|--|---|---|--|--|---|---|
| Тема 3. Активные усилительные элементы РПДУ. Основные типы СВЧ генераторных диодов. Области применения полупроводников, электронно-вакуумных и усилительных СВЧ-компонентов. | 4 | 2 | | | 2 | 2 |
| Тема 4. Генераторы с внешним возбуждением. Структурная схема генератора с внешним возбуждением. Баланс мощностей в генераторе. Режимы работы генераторов с внешним возбуждением. Баланс амплитуд и фаз. Ламповые ВЧ генераторы с внешним возбуждением. Полупроводниковые ВЧ генераторы с внешним возбуждением. СВЧ генераторы с внешним возбуждением. | 6 | 2 | | | 2 | 4 |
| Тема 5. Автогенераторы и стабилизация частоты колебаний. Обобщённая схема автогенератора. Условия самовозбуждения и устойчивости автогенератора. Стационарный режим автогенератора. RC-генератор. Генераторы негармонических сигналов. Блокинг-генераторы. Мультивибраторы. | 4 | 2 | | | 2 | 2 |
| Тема 6. Типы и классификация электрических цепей генераторов ВЧ и СВЧ колебаний. Назначение и классификация электрических цепей ВЧ генераторов. Согласование генератора с нагрузкой. Резонансные цепи. Последовательный колебательный контур. Параллельный колебательный контур. | 4 | 2 | | | 2 | 2 |
| Тема 7. Возбудители диапазонных радиопередающих устройств и синтезаторы частот. Пассивные синтезаторы частот. Метод компенсации. Синтезаторы с петель фазовой автоподстройки. Стабильность частоты. Плавная и дискретная перестройка частоты. Умножение частоты. Выбор оптимального угла отсечки. Методы синтеза сетки дискретных частот. | 4 | 2 | | | 2 | 2 |

| | | | | | | |
|---|----|---|--|----|----|----|
| Тема 8. Усиление ВЧ и СВЧ колебаний. Классификация усилителей. Регенеративный усилитель. Построение УМ с использованием ОУ. Линейные усилители. Усилители-ограничители. Специальные усилители. Выходные каскады усиления радиопередатчиков. | 6 | 2 | | | 2 | 4 |
| Тема 9. Согласование нагрузки в РПДУ. Совместная работа нескольких активных элементов на общую нагрузку. Параллельное и последовательное включение активных элементов ВЧ и СВЧ диапазона. Мостовые схемы включения. | 4 | 2 | | | 2 | 2 |
| Тема 10. Принципы формирования модулированных сигналов. Способы и методы модуляции. Виды модуляции, применяемые в РПДУ. Структурная схема радиопередающих устройств с модуляцией. Амплитудная модуляция в радиопередающих устройствах. Методы формирования сигналов с однополосной модуляцией. Частотная и фазовая модуляции. Спектр частотно-модулированного колебания. Балансные модуляторы. Импульсная модуляция. Спектр колебаний при импульсной модуляции. Структурная схема радиопередающего устройства с импульсной модуляцией. Передача цифровых сообщений по линиям связи. Уплотнение каналов связи. Методы модуляции для цифровой связи. | 32 | 6 | | 16 | 22 | 10 |
| Тема 11. Схемы питания активных элементов РПДУ. Цепи питания, смещения и согласования в усилителях мощности. Схемотехника источников питания РПДУ. | 4 | 2 | | | 2 | 2 |
| Тема 12. Радиопередающие устройства в системах радиосвязи. Системы связи малого радиуса действия. Системы с диспетчером и ретранслятором. Дальняя радиосвязь. Ограничения на дальность и плотность передачи информации. | 4 | 2 | | | 2 | 2 |

| | | | | | | |
|---|-----|----|--|----|----|----|
| Тема 13. Радиопередающие устройства СВЧ и оптического диапазона. Устройства формирования радиолокационных и радионавигационных систем. Космическая радиосвязь. | 4 | 2 | | | 2 | 2 |
| Тема 14. Измерение параметров и эксплуатация РПДУ. Методы повышения надежности радиопередающих устройств. Системы диагностики и обнаружения неисправностей. Основные направления развития радиопередающих устройств систем радиосвязи и радиодоступа. | 4 | 2 | | | 2 | 2 |
| Аттестация | 54 | | | | | |
| КСР | 2 | | | | 2 | |
| Итого | 144 | 32 | | 16 | 50 | 40 |

Практические занятия (семинарские занятия /лабораторные работы) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка предусматривает: решение практических задач по отдельным разделам дисциплины в рамках лабораторного практикума, разбор конкретных практических ситуаций.

На проведение практических занятий (семинарских занятий /лабораторных работ) в форме практической подготовки отводится 16 ч.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП:

- изучение основных принципов генерирования и формирования сигналов в радиопередающих устройствах различного назначения, входящих в состав радиотехнических систем;
- изучение принципов построения и методов проектирования радиопередающих устройств, методов их расчёта и повышения эффективности;
- получение практических навыков оценки основных характеристик радиопередающих устройств.

- компетенции ПК-2.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа (лабораторных работ), групповых или индивидуальных консультаций.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся создается электронный курс (Устройства генерирования и формирования сигналов,

<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=9533>) в системе электронного обучения ННГУ - <https://e-learning.unn.ru>.

Кроме того, самостоятельная работа проводится обучающимися с помощью основной и дополнительной учебной литературы (п.6) и контролируется на отчётах по лабораторному практикуму и экзамене.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

| Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций) | Шкала оценивания сформированности компетенций | | | | | | |
|--|--|--|---|---|--|--|--|
| | плохо | неудовлетворительно | удовлетворительно | хорошо | очень хорошо | отлично | превосходно |
| | не зачтено | | зачтено | | | | |
| <u>Знания</u> | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. |
| <u>Умения</u> | Отсутствие минимальных умений Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа | При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. | Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов |
| <u>Навыки</u> | Отсутствие владения | При решении | Имеется минимальн | Продemonстрированы | Продemonстрированы | Продemonстрированы | Продemonстрирован |

| | | | | | | | |
|--|--|---|--|--|--|--|--|
| | материалом · Невозможн ость оценить наличие навыков вследствие отказа обучающег ося от ответа | стандартны х задач не продемонст рированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки. | ый набор навыков для решения стандартны х задач с некоторыми недочетами | базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами | базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. | навыки при решении нестандартн ых задач без ошибок и недочетов. | творческий подход к решению нестандартн ых задач |
|--|--|---|--|--|--|--|--|

Шкала оценки при промежуточной аттестации

| Оценка | | Уровень подготовки |
|------------|---------------------|---|
| зачтено | Превосходно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой |
| | Отлично | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично» |
| | Очень хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо» |
| | Хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо» |
| | Удовлетворительно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно» |
| не зачтено | Неудовлетворительно | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо» |
| | Плохо | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо» |

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

(согласно оценочным средствам п.2)

5.2.1. Контрольные вопросы

| Вопросы | Код формируемой компетенции |
|---|-----------------------------|
| 1) Назначение радиопередающих устройств и параметры (РПДУ). | ПК-2 |
| 2) Диапазоны волн, сетка частот. Выделенная полоса частот. | ПК-2 |
| 3) Классификация, каскады РПДУ. Структурная схема систем передачи информации. | ПК-2 |

| <i>Вопросы</i> | <i>Код формируемой компетенции</i> |
|--|------------------------------------|
| 4) Различие транзисторных и ламповых радиопередатчиков. Выходная мощность радиопередатчика. | ПК-2 |
| 5) Аналоговые и цифровые сообщения. Способы кодирования информации. | ПК-2 |
| 6) Электромагнитная совместимость радиоэлектронной аппаратуры. Побочные излучения РПДУ. | ПК-2 |
| 7) Взаимодействие носителей заряда с электромагнитным полем. Принцип синхронизма. | ПК-2 |
| 8) Активные усилительные элементы РПДУ. Основные типы СВЧ генераторных диодов. | ПК-2 |
| 9) Принципы возбуждения ВЧ колебаний. Генераторы с внешним возбуждением и автогенераторы. | ПК-2 |
| 10) Эквивалентная схема генератора. | ПК-2 |
| 11) Генераторы с внешним возбуждением на полупроводниковых, электровакуумных и СВЧ приборах. | ПК-2 |
| 12) Структурная схема генератора с внешним возбуждением. Баланс мощностей в генераторе. | ПК-2 |
| 13) Нагрузочные характеристики, АЧХ и КПД генератора. | ПК-2 |
| 14) Режимы работы генератора с внешним возбуждением. Угол отсечки. | ПК-2 |
| 15) Классификация усилителей. Линейные усилители. Усилители-ограничители. | ПК-2 |
| 16) Специальные усилители. Использование операционных усилителей для усиления ВЧ колебаний. | ПК-2 |
| 17) Типы и классификация электрических цепей УМ и ГВВ. | ПК-2 |
| 18) Работа полупроводниковых приборов на повышенных частотах. Схемы включения биполярного транзистора. | ПК-2 |
| 19) Особенности работы мощных транзисторов и построения схем генераторов на таких транзисторах. | ПК-2 |
| 20) Назначение автогенераторов и требования к ним в радиопередающих устройствах. | ПК-2 |
| 21) Автогенераторы на триодах. Обобщённая схема автогенератора. Стационарный режим автогенератора. | ПК-2 |
| 22) Условия самовозбуждения и устойчивости автогенератора. Коэффициент обратной связи и режимы самовозбуждения автогенератора. | ПК-2 |
| 23) Одноконтурный автогенератор на безынерционном транзисторе. | ПК-2 |
| 24) Принципы стабилизации частоты в автогенераторах. | ПК-2 |
| 25) Кварцевая стабилизация частоты. Параметры кварцевых резонаторов. Схемы кварцевых автогенераторов. | ПК-2 |
| 26) Виды модуляции, применяемые в РПДУ. | ПК-2 |
| 27) Амплитудная модуляция (АМ) в радиопередающих устройствах. Осциллограмма, спектр АМ-сигнала. | ПК-2 |
| 28) Однополосная модуляция (форма колебаний и спектр). Преимущества и недостатки этого вида модуляции. | ПК-2 |
| 29) Методы формирования однополосных сигналов. Балансные модуляторы. Схема диодного балансного модулятора. | ПК-2 |
| 30) Частотная и фазовая модуляции. Достоинства и недостатки этих видов модуляции. Спектр частотно-модулированного колебания. | ПК-2 |
| 31) Методы осуществления частотной модуляции в радиопередающих устройствах. Стабилизация несущей частоты автогенератора с ЧМ. | ПК-2 |

| <i>Вопросы</i> | <i>Код формируемой компетенции</i> |
|--|------------------------------------|
| 32) Импульсная модуляция. Спектр колебаний при импульсной модуляции. Структурная схема радиопередающего устройства с импульсной модуляцией. | ПК-2 |
| 33) Передача цифровых сообщений по каналам связи. Уплотнение каналов связи. Методы модуляции для цифровой связи. | ПК-2 |
| 34) Возбудители диапазонных радиопередающих устройств. Плавная и дискретная перестройка частоты. Структурные схемы построения возбудителей в радиопередающих устройствах. | ПК-2 |
| 35) Плавная и дискретная перестройка частоты. Синтезаторы частот. Методы синтеза сетки частот. Достоинства и недостатки прямого синтеза. Перестройка частоты в цифровом синтезаторе. | ПК-2 |
| 36) Типы устройств АПЧ. Структурная схема частотной АПЧ. Остаточная расстройка. | ПК-2 |
| 37) Согласование нагрузки в РПДУ. Совместная работа нескольких активных элементов на общую нагрузку. | ПК-2 |
| 38) Параллельное и последовательное включение активных элементов. Мостовые схемы включения. | ПК-2 |
| 39) Системы связи малого радиуса действия. Принципы работы систем с диспетчером, ретранслятором и телефонным интерфейсом. Сотовая и транковая радиосвязь. | ПК-2 |
| 40) Дальняя радиосвязь. Космическая радиосвязь. Ограничения на дальность и плотность передачи информации. | ПК-2 |
| 41) Тестирование, измерение параметров, обнаружение неисправностей и ремонт РПДУ. | ПК-2 |

5.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-2

Задание 1. Объяснить значения основных тактико-технических характеристик радиопередающих устройств.

Задание 2. Написать уравнение баланса фаз и амплитуд генератора.

Задание 3. Нарисовать схемы ВЧ цепей, применяемых в устройствах генерирования и формирования сигналов.

Задание 4. Нарисовать структурную схему радиопередающего устройства.

Задание 5. Нарисовать структурную схему генератора с внешним возбуждением.

Задание 6. Написать общий вид амплитудно-модулированного сигнала.

Задание 7. Нарисовать структурную схему частотной АПЧ.

Задание 8. Изложить принцип стабилизации частоты автоколебаний в фильтровых схемах кварцевых генераторов.

Задание 9. Нарисовать схемы работы активных элементов на общую нагрузку.

Задание 10. Перечислить виды и методы модуляции сигналов.

Задание 11. Нарисовать примеры реализации систем передачи цифровых сообщений.

Задание 12. Нарисовать структурные схемы построения систем связи малой дальности.

Задание 13. Показать влияние угла отсечки на режим работы генератора с внешним возбуждением.

Задание 14. Показать различие по мощности и частотным диапазонам активных элементов, применяемых в устройствах генерирования и усиления сигналов.

Задание 15. Записать условие самовозбуждения и основные соотношения для установившегося режима автогенератора.

Задание 16. Привести основные принципы составления схем генераторов.

Задание 17. Нарисовать примеры принципиальных схем для формирования модулированных колебаний.

Задание 18. Нарисовать эквивалентная схема генератора с внешним возбуждением.

Задание 19. Оценить КПД генератора с внешним возбуждением на активном элементе с известной вольт-амперной характеристикой. Показать, как на параметры генератора влияет угол отсечки.

Задание 20. Привести примеры схем стабилизации частоты с использованием кварцевых генераторов.

Задание 21. Показать энергетические преимущества однополосной модуляции.

Задание 22. Привести примеры схем, реализующих угловую модуляцию.

Задание 23. Привести примеры синтеза сетки частот и объяснить принцип перестройки частоты в цифровом синтезаторе.

Задание 24. Нарисовать мостовую схему включения нагрузки и привести формулы расчета элементов схемы.

Задание 25. Объяснить, от каких параметров зависит дальность радиосвязи в УКВ диапазоне.

Задание 26. Привести примеры уплотнения информационного канала и методы обеспечения помехозащищённости передаваемых сообщений.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) основная литература:

1. Денисов, В.П. Радиотехнические системы [Электронный ресурс] / В.П. Денисов, Б.П. Дудко. — Электрон. дан. — Москва: ТУСУР, 2012. — 334 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4919>

2. Исследование процессов кодирования источника и полосовой модуляции/демодуляции в среде LabVIEW. Составители: Ивлёв Д.Н., Панфилов С.В.: Методические указания к лабораторной работе. – Нижний Новгород: Издательство Нижегородского университета, 2005. – 36 с. http://www.rf.unn.ru/rus/chairs/k7/RF_NNSU/coding.pdf

1. Беспроводные коммуникации. Основы теории и технологии беспроводной связи /Голдсмит А. – М.: Техносфера, 2011. – 904 с. (3 экз.)
2. Основы радиотехники, Харкевич А.А. М.: Физматлит, 2007. – 512 с. (5 экз.), электронный ресурс Лань <https://e.lanbook.com/>
3. Введение в специальность "Радиоэлектронные системы" / И.В. Вознесенский, А.В. Галев, Д.Д. Дмитриев, В.А. Петров; – М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009." – [Электронный ресурс]: – Режим доступа: www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703833186.html

б) дополнительная литература:

1. Основы радиоэлектроники / Орлов И.Я., Односёвцев В.А., Ивлёв Д.Н., Лупов С.Ю.// Электронное учебное пособие. – Нижний Новгород: ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2011. – 169 с. http://www.rf.unn.ru/rus/chairs/k7/RF_NNSU/fund_radio_el.pdf

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. Сайты электронно-библиотечных систем <http://znanium.com>, <https://e.lanbook.com>.
2. Устройства генерирования и формирования сигналов. Раздаточный материал для конспекта лекций / П.Г. Тамаров. – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – 61 с. –[Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/582/74582>.
3. Сайт "Радиопередающие устройства" [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://radio-device.ru/index.php>.
4. Программа моделирования анализатора импедансных спектров EIS (freeware);
5. Программа структурного моделирования радиопередающих устройств "ADIsimRF" (freeware).
6. Единое окно доступа к образовательным ресурсам window.edu.ru.

7. Курс в СЭО ННГУ Устройства генерирования и формирования сигналов,
<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=9533>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: Лекционный зал, аудитории для практических занятий в группах, мультимедийный проектор, образцы элементной базы и макетов радиотехнического оборудования, лабораторные установки «Частотный модем», «Супергетеродинный приёмник», «Амплитудная модуляция».

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО/ОС ННГУ по направлению 11.05.02 «Специальные радиотехнические системы», специальности (специализации) «Радиотехнические системы и комплексы специального назначения».

Автор(ы): Бритенков А.К.

Заведующий кафедрой: Фитасов Е.С.

Программа одобрена на заседании методической комиссии
президиума ученого совета ННГУ от 14 декабря 2021, протокол № 4.