

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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

Балахнинский филиал ННГУ

УТВЕРЖДЕНО
решением президиума
Учёного совета ННГУ
от «14» декабря 2021 г.
протокол № 4.

Рабочая программа дисциплины
**ВОЗДЕЙСТВИЕ РАДИАЦИИ
И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИМПУЛЬСОВ
НА ЭЛЕКТРО- И РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ**

Уровень высшего образования
БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки
13.03.02. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Направленность (профиль) образовательной программы
ЭЛЕКТРОРАДИОТЕХНИКА

Квалификация

БАКАЛАВР

Формы обучения

ОЧНАЯ, ОЧНО-ЗАОЧНАЯ

Балахна
2022

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.ДВ.03.01), ориентирована на подготовку выпускников к решению проектного типа задач профессиональной деятельности и частичное формирование компетенции ПКР-4, определяемое индикаторами ПКР-4.1, 4.2, 4.3.

Формирование компетенции ПКР-4 начато в процессе освоения дисциплин: Основы теории цепей, Электрорадиотехнические цепи и устройства приема и передачи сигналов, Электродинамика и распространение радиоволн, Электроника, Электромагнитная совместимость, Линии передачи электроэнергии и сигналов, Источники электропитания радиотехнических систем и электрический привод, Переходные процессы в электрических цепях, будет продолжено в ходе освоения данной дисциплины и дисциплин: Силовая электроника, защита и автоматизация электроэнергетических систем, Теория электрической связи, Методы анализа, проектирования и моделирования электрорадиотехнических систем и будет завершено в ходе выполнения Преддипломной практики и подготовки Выпускной квалификационной работы - бакалаврской работы.

| № варианта | Место дисциплины в учебном плане образовательной программы | Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД |
|------------|--|--|
| 2 | Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений | Дисциплина <i>Б1.В.ДВ.03.01 Воздействие радиации и электромагнитных импульсов на электро- и радиотехнические системы</i> относится к части ООП направления подготовки 13.03.02. Электроэнергетика и электротехника, формируемой участниками образовательных отношений. |

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесённые 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 | |
| ПКР-4. Способен участвовать в проектных работах при разработке объектов профессиональной деятельности. | ПКР-4.1. Показывает способности участвовать в проектных работах. | Знает методы защиты от аварийных и ненормальных режимов элементов сети, области применения устройств защиты и автоматики. Умеет выбирать методы защиты от аварийных и ненормальных режимов. Владеет методами планирования и контроля обслуживания объектов электротехники и электрорадиотехнических систем | Вопросы к зачёту и собеседованию, вопросы практических занятий |

| | | | |
|--|---|---|--|
| | ПКР-4.2. Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования, конструирования и эксплуатации. | Знает методы защиты от аварийных и ненормальных режимов элементов сети, области применения устройств защиты и автоматики. Умеет видеть взаимосвязи задач проектирования, конструирования и эксплуатации. Владеет пониманием взаимосвязи задач проектирования, конструирования и эксплуатации. | |
|--|---|---|--|

3. Структура и содержание дисциплины

| | Очная форма обучения |
|--|----------------------|
| Общая трудоёмкость | 3 ЗЕТ |
| Часов по учебному плану | 108 |
| в том числе | |
| аудиторные занятия (контактная работа): | 65 |
| - занятия лекционного типа | 32 |
| - занятия семинарского типа | 32 |
| - КСР | 1 |
| самостоятельная работа | 43 |
| Промежуточная аттестация – зачёт с оценкой | |

| | Очно-заочная форма обучения |
|---|-----------------------------|
| Общая трудоёмкость | 3 ЗЕТ |
| Часов по учебному плану | 108 |
| в том числе | |
| аудиторные занятия (контактная работа): | 33 |
| - занятия лекционного типа | 16 |
| - занятия семинарского типа | 16 |
| - КСР | 1 |
| самостоятельная работа | 75 |
| Промежуточная аттестация – зачёт | |

3.2. Содержание дисциплины

| Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины | Всего (часы) | в том числе в очной форме | | | | |
|--|--------------|---|---------------------------|----------------------------|-------|--|
| | | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы, из них | | | | Самостоятельная работа обучающегося часы |
| | | Занятия лекционного типа | Занятия семинарского типа | Занятия лабораторного типа | Всего | |
| 1. Вводная часть. | 7 | 2 | | | 2 | 5 |
| 2. Воздействие радиации на электро- и радиотехнические системы | 20 | 6 | 4 | | 10 | 10 |
| 3. Воздействие электромагнитных импульсов на электро- и радиотехнические системы | 30 | 10 | 10 | | 20 | 10 |
| 4. Технологии обеспечения безопасности | 30 | 10 | 12 | | 22 | 8 |

| | | | | | | |
|---|-----|----|----|--|----|----|
| электро- и радиотехнических систем при воздействии радиации и электромагнитных импульсов | | | | | | |
| 5. Технологии обеспечения безопасности человека при воздействии радиации и электромагнитных импульсов | 20 | 4 | 6 | | 10 | 10 |
| КСР | 1 | | | | 1 | |
| Промежуточная аттестация – зачёт с оценкой | | | | | | |
| Итого | 108 | 32 | 32 | | 65 | 43 |

| Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины | Всего (часы) | в том числе в очно-заочной форме | | | | |
|---|--------------|---|---------------------------|----------------------------|-------|--|
| | | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы, из них | | | | Самостоятельная работа обучающегося часы |
| | | Занятия лекционного типа | Занятия семинарского типа | Занятия лабораторного типа | Всего | |
| 1. Вводная часть. | 7 | 2 | | | 2 | 5 |
| 2. Воздействие радиации на электро- и радиотехнические системы | 20 | 6 | 6 | | 12 | 8 |
| 3. Воздействие электромагнитных импульсов на электро- и радиотехнические системы | 30 | 4 | 4 | | 8 | 22 |
| 4. Технологии обеспечения безопасности электро- и радиотехнических систем при воздействии радиации и электромагнитных импульсов | 30 | 2 | 4 | | 6 | 24 |
| 5. Технологии обеспечения безопасности человека при воздействии радиации и электромагнитных импульсов | 20 | 2 | 2 | | 4 | 16 |
| КСР | 1 | | | | 1 | |
| Промежуточная аттестация – зачёт | | | | | | |
| Итого | 108 | 16 | 16 | | 33 | 75 |

1) Вводная часть.

2) Воздействие радиации на электро- и радиотехнические системы.

Основные эффекты – накопление полной поглощённой дозы, эффекты, связанные с воздействием одиночных ионизирующих частиц, и эффекты смещения, когда прилетающие частицы выбивают атомы с их мест в кристаллической решётке.

Дрейф некоторых характеристик микросхемы, который способен вызвать отказ, как параметрические, так и функциональные. Для современных микросхем актуальны радиационно-индуцированные токи утечки.

3) Воздействие электромагнитных импульсов на электро- и радиотехнические системы.

Поражающее действие электромагнитного импульса обусловлено возникновением напряжений и токов в проводниках различной протяжённости, расположенных в воздухе, земле, в радиоэлектронной и радиотехнической аппаратуре. Электромагнитный импульс наводит электрические токи и напряжения, которые вызывают пробой изоляции, повреждение трансформаторов, сгорание разрядников, полупроводниковых приборов, перегорание плавких вставок. Наиболее подвержены воздействию электромагнитных импульсов линии связи, сигнализации и управления ракетных стартовых комплексов, командных пунктов.

4) Технологии обеспечения безопасности электро- и радиотехнических систем при воздействии радиации и электромагнитных импульсов. Защита от электромагнитных

импульсов осуществляется, в том числе, экранированием линий управления и энергоснабжения, заменой плавких вставок (предохранителей) этих линий.

5) Технологии обеспечения безопасности человека при воздействии радиации и электромагнитных импульсов.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа, групповых или индивидуальных консультаций.

Промежуточная аттестация проходит в традиционной форме (очная – зачёт с оценкой, очно-заочное – зачёт)

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Подготовка к практическим и лекционным занятиям. Подготовка к прохождению и прохождению испытаний промежуточной аттестации (зачёт).

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

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 объёме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок | Уровень знаний в объёме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок | Уровень знаний в объёме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. | Уровень знаний в объёме, 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 объёме. | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объёме, но некоторые с недочётами. | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объёме, но некоторые с недочётами. | Продemonстрированы все основные умения, решены задачи с отдельными несущественными недочётами, выполнены все задания в полном объёме. | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объёме без недочётов |
| <u>Навыки</u> | Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить | При решении стандартных задач не продемонстрированы | Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных | Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных | Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных | Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без | Продemonстрирован творческий подход к решению |

| | | | | | | | |
|--|--|--|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------|----------------------|
| | наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа | базовые навыки. Имели место грубые ошибки. | задач с некоторыми недочётами | задач с некоторыми недочётами. | задач без ошибок и недочётов. | ошибок и недочётов. | нестандартных 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» |
| | 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.

5.2.1. Вопросы к зачёту и собеседованию

| Вопросы | Код формируемой компетенции |
|---|-----------------------------|
| 1) Что такое электромагнитный импульс | ПКР-4 |
| 2) Поражающие факторы электромагнитного импульса (ЭМИ) | ПКР-4 |
| 3) Факторы, которые определяют урон от ЭМИ | ПКР-4 |
| 4) Как защититься от ЭМИ: первые действия | ПКР-4 |
| 5) Общая защита от электромагнитного излучения | ПКР-4 |
| 6) Клетка Фарадея | ПКР-4 |
| 7) Защита информации от ЭМИ | ПКР-4 |
| 8) Воздействие космического и нейтронного излучения на полевой транзистор с барьером Шоттки. | ПКР-4 |
| 9) Эффекты переключения в фотоуправляемом полупроводниковом переключателе на основе GaAs и Si | ПКР-4 |
| 10) Моделирование шумовых процессов в полевом транзисторе с затвором Шоттки при облучении потоком гамма-квантов | ПКР-4 |
| 11) Моделирование воздействия мягкого гамма излучения на полевой транзистор | ПКР-4 |
| 12) Влияние импульсного радиационного облучения на полевые транзисторы | ПКР-4 |

| | |
|--|-------|
| Шоттки. | |
| 13) Радиационная стойкость перспективных арсенид галлиевых полевых транзисторов Шоттки. | ПКР-4 |
| 14) Моделирование воздействия ионизирующего излучения на полевой транзистор с затвором Шоттки. | ПКР-4 |
| 15) Влияние протонного излучения на вольт-амперные характеристики полевого транзистора с затвором Шоттки | ПКР-4 |
| 16) Влияние нейтронного и протонного излучения на скорость электронов в n-GaAs | ПКР-4 |
| 17) Дegrаdация электро-физических характеристик n-GaAs после облучения быстрыми нейтронами | ПКР-4 |
| 18) Релаксация радиационных дефектов в полупроводниковых материалах | ПКР-4 |
| 19) Конверсия спектра рентгеновского излучения в технологических целях | ПКР-4 |
| 20) Процессы дальнего действия геттерирования при нейтронном, ионном и лазерном облучении транзисторных структур | ПКР-4 |
| 21) Локально-полевое и квазигидродинамическое приближения при расчётно-экспериментальной оценке радиационной стойкости субмикронных полупроводниковых приборов | ПКР-4 |
| 22) Влияние неоднородности распределения радиационных дефектов на характер протекания тока в квазибаллистическом полевом транзисторе | ПКР-4 |
| 23) Эффекты дальнего действия в арсенид-галлиевых транзисторных структурах при комбинированном облучении ионами различных масс | ПКР-4 |
| 24) Формирование квантовых отверстий в канале квазибаллистического полевого транзистора при нейтронном облучении | ПКР-4 |
| 25) Моделирование ударной ионизации в кремниевых светоизлучающих диодах легированных эрбием | ПКР-4 |
| 26) Влияние ионизирующего излучения на работоспособность СВЧ изделий | ПКР-4 |
| 27) Пробой p-n перехода с неоднородным легированием, стимулированный излучением | ПКР-4 |
| 28) Перенос электронов в биполярных транзисторных структурах с тонкой базой при воздействии потока квантов высоких энергий | ПКР-4 |
| 29) Технологии защиты электрорадиотехнических устройств | ПКР-4 |
| 30) Технологии защиты операторов (человека) | ПКР-4 |

5.2.3. Вопросы для практических занятий

| Вопросы | Код формируемой компетенции |
|--|-----------------------------|
| 1) Воздействие космического и нейтронного излучения на полевой транзистор с барьером Шоттки. | ПКР-4 |
| 2) Компьютерное моделирование и экспериментальные исследования радиационной стойкости радиоэлектронной аппаратуры. | ПКР-4 |
| 3) Моделирование шумовых процессов в полевом транзисторе с затвором Шоттки при облучении потоком гамма-квантов | ПКР-4 |
| 4) Моделирование воздействия мягкого гамма излучения на полевой транзистор | ПКР-4 |
| 5) Моделирование воздействия ионизирующего излучения на полевой транзистор с затвором Шоттки. | ПКР-4 |
| 6) Моделирование ударной ионизации в кремниевых светоизлучающих диодах легированных эрбием | ПКР-4 |

| | |
|---|-------|
| 7) Общая защита от электромагнитного излучения. Клетка Фарадея | ПКР-4 |
| 8) Технологии защиты электрорадиотехнических устройств. Технологии защиты операторов (человека) | ПКР-4 |

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература

1. Жуковский В.М. Радиоактивность и радиационная безопасность: Общеизвестные лекции для студентов, журналистов, чиновников и избранников народа всех уровней: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2004. – 94 с. – ISBN 5-7525-1290-5. – Текст: электронный. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/348018> (дата обращения: 02.06.2022).

б) Дополнительная литература

1. Моделирование мощных НЕМТ при облучении квантами высоких энергий. Тарасова Е.А., Демидова Д.С., Оболенский С.В., Фелелов А.Г., Дюков Д.И. – Физика и техника полупроводников. 12. 2012. Т. 46. № 12. 2012. С. 1587-1593.

Режим доступа: <https://journals.ioffe.ru/articles/7862> [02.06.2022]

в) Программное обеспечение лицензионное и свободно распространяемое

- Операционная система Microsoft Windows
- Пакет прикладных программ Microsoft Office
- Правовая система «Консультант плюс»
- Micro-Cap – SPICE программа для аналогового и цифрового моделирования электрических и электронных цепей с интегрированным визуальным редактором
- KTechLab программа для проектирования и симуляции электрических схем
- Браузер Google Chrome

г) Интернет-ресурсы

- <http://электротехнический-портал.рф/kniga.html>
- Радиотехнический сайт, https://radiotract.ru/link_sprav.html
- ЭБС «Юрайт». Режим доступа: <http://biblio-online.ru>
- ЭБС «Консультант студента». Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru>
- ЭБС «Лань». Режим доступа: <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС «Znanium.com». Режим доступа: www.znanium.com

д) Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

- Радиоэлектроника http://window.edu.ru/catalog/resources?p_str=Радиоэлектроника [26.10.19]
- Список сайтов по радиоэлектронике <http://radiostorage.net/page/3-spisok-sajtov-po-radioelektronike.html> [26.10.19]
- Научная электронная библиотека <https://elibrary.ru/defaultx.asp?> [26.10.19]
- База данных ВИНТИ РАН <http://www.viniti.ru/> [26.10.19]
- База данных рецензируемой литературы Scopus <https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic> [26.10.19]
- База данных Web of Science <https://apps.webofknowledge.com> [26.10.19]
- ГАРАНТ. Информационно-правовой-портал <http://www.garant.ru/>
- Правовая система «Консультант плюс»

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения, используемые при реализации дисциплины, представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий.

Лекционные и практические занятия проводятся в специализированной лаборатории электронной техники, микропроцессоров и микропроцессорных систем, электрических измерений, оснащённой комплектами лабораторного оборудования, лабораторными стендами, измерительным оборудованием, техническим оборудованием, обеспечивающим проведение занятий.

Помещения (аудитории) для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключённой к сети «Интернет» и обеспеченной доступом в электронную информационно-образовательную среду вуза.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ
по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Автор:

д.т.н., профессор С.В. Оболенский

Заведующий кафедрой _____

Программа одобрена на заседании
методической комиссии Балахнинского филиала ННГУ
10.12.2021 г., протокол № 4.