МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ

УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»

Кафедра «Промышленной электроники»

|  |  |
| --- | --- |
| «СОГЛАСОВАНО» | «УТВЕРЖДАЮ» |
| Директор ИМиА  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/ О.А. Бодров  «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г | Проректор РОПиМД  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/ А.В. Корячко  «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г |
| Заведующий кафедрой ПЭл  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/ С.А. Круглов  «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г |  |

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.05 «Высоковольтная импульсная техника»

Направление подготовки

11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»

Направленность (профиль) подготовки

«Промышленная электроника»

Уровень подготовки

Магистратура

Квалификация выпускника – магистрант

Формы обучения – очная, очно-заочная

Рязань 2020 г

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» (уровень магистратура), утвержденного 22 сентября 2017 г № 959.

Разработчик

К.т.н., доцент каф. ПЭл А.А. Сережин

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПЭл 28 мая 2020 г. (протокол № 10).

Заведующий кафедрой ПЭл С.А. Круглов

**1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

**Целью освоения дисциплины является** приобретение базовых знаний и умений в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом и формирование у студентов твердых теоретических знаний и практических навыков работы высоковольтной импульсной техники для выполнения проектов по разработке устройств высоковольтной импульсной техники, посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС, в части представленных ниже знаний, умений и навыков.

**Задачи:**

* + 1. Получение теоретических знаний о принципах работы и структуре высоковольтной импульсной техники;
    2. Приобретение практических навыков в области проектирования устройств высоковольтной импульсной техники;
    3. Разработка устройств высоковольтной импульсной техники;
    4. Реализация технических заданий на высоковольтной импульсной техники.
    5. **Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Категория (группа) общепрофессиональных компетенций** | **Код и наименование общепрофессиональной компетенции** | **Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции** |
|  | ПК-1. Готов формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач | ИД-1 ПК-1 знать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники.  ИД-2 ПК-1 уметь выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач |
|  | ПК-6. Способен анализировать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения | ИД-1 ПК-6 уметь анализировать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований.  ИД-2 ПК-6 давать рекомендации по совершенствованию устройств и си-стем, готовить научные публикации и заявки на изобретения. |
|  | ПК-8. Способен проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований | ИД-1 ПК-8 уметь проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований.  ИД-2 ПК-8 знать способы проектирования приборов и систем электронной техники с учетом заданных требований. |
|  | ПК-9. Способен разрабатывать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с методическими и нормативными документами | ИД-1 ПК-9 уметь разрабатывать проектно-конструкторскую документацию в со-ответствии с методическими и норма-тивными документами.  ИД-2 ПК-9 уметь выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач |

**2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Дисциплина Б1.В.05 «Высоковольтная импульсная техника» относится к дисциплинам Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы (далее – образовательной программы) магистратуры «11.04.04 Электроника и наноэлектроника.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных в ходе изучения следующих дисциплин: «Силовая электроника», «Электротехника», «Энергетическая электроника».

**3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

1. *Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 6 зачетных единицы (ЗЕ),  
   216 часов.*

|  |  |
| --- | --- |
| Вид учебной работы | Всего часов |
| Очная форма |
| Общая трудоемкость дисциплины, в том числе: | 216 |
| 1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего), в том числе: | 50 |
| лекции | 20 |
| практические занятия | 20 |
| лабораторные работы | 10 |
| 2. Самостоятельная работа обучающихся (всего), в том числе: | 166 |
| Курсовая работа / курсовой проект | 16 |
| Подготовка к экзамену, консультации |  |
| Консультации в семестре |  |
| Иные виды самостоятельной работы | 106 |
| Контроль | 44 |
| Вид промежуточной аттестации обучающихся | эказмен |

**4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ**

***4.1. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)***

|  |  |
| --- | --- |
| Раздел дисциплины  (модуля) | Содержание |
|
| 1. Построение генераторов мощных высоковольтных импульсов | Схемы построения сверхмощных генераторов. Генераторы импульсных напряжений, выполненные по схеме Аркадьева-Маркса. LC-генераторы Фитча. Генераторы маркса. Импульсные генераторы с электрическим взрывом проводника. |
| 2. Магнитные генераторы импульсов | Принцип работы магнитных генераторов. Формирование импульсов в многозвенной схеме. Эквивалентные схемы дросселей. Параметры ферромагнитных сердечников. Потери энергии в сердечнике. Структурная схема магнитного генератора. Схемы с отрезком линейной линии передачи и линии с ферритом. Характерные параметры и конструкции магнитных генераторов. |
| 3. Высоковольтные импульсные трансформаторы | Общие сведения. Распределенная емкость обмоток. Индуктивность рассеяния обмоток. Электромагнитные процессы в магнитопроводе. Анализ переходных процессов в импульсном трансформаторе. Трансформаторы с обмотками из коаксиального кабеля. Трансформаторы на связанных LC – контурах. |
| 4. Генераторы мощных высоковольтных импульсов на основе емкостного накопителя энергии | ГИН с корректирующими LC-цепями. Промежуточные емкостные накопители энергии. Разрядные процессы в емкостных накопителях энергии. Основные характеристики и свойства диэлектриков, используемых в промежуточных накопителях энергии. |
| 5. Генераторы мощных высоковольтных импульсов на основе индуктивного накопителя энергии | Общие характеристики индуктивного накопителя энергии. Схемы генераторов на основе индуктивных накопителей и коммутаторы тока Выключатели токов индуктивных накопителей. Электрический взрыв проводников при коммутации импульсных токов. Выключатели тока с взрывным приводом. |
| 6. Коммутаторы для емкостных накопителей энергии | Искровые разрядники. Импульсные тиратроны. Системы коммутации емкостных накопителей энергии, соединенных параллельно. Псевдоискровые разрядники. |
| 7. Коммутирующие устройства индуктивных накопителей энергии | Плазменные прерыватели тока. Полупроводниковые прерыватели тока. Взрывающиеся прерыватели. SOS диоды. |
| 8. Использование водородного тираторона в качестве прерывателя тока в индуктивном накопителе энергии | Физика явления обрыва тока в тиратроне. Предельные характеристики тиратрона. Энергетические характеристики процесса прерывания тока газоразрядным коммутатором в генераторе мощных наносекундных импульсовс индуктивным накопителем энергии. Тепловой режим работы газоразрядного прерывателя тока в схеме с индуктивным накопителем энергии. Влияние конструкции газоразрядного прибора на процесс прерывания тока при формировании высоковольтных импульсов напряжения. |

***4.2. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)***

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Раздел дисциплины (модуля, тема)** | **Общая**  **трудоемкость,**  **всего часов** | **Контактная работа**  **обучающихся с преподавателем** | | | | **Самостоятельная**  **работа**  **обучающихся** |
| **всего** | **Лекции** | **Практические**  **занятия** | **Лабораторные работы** |
| 1. Построение генераторов мощных высоковольтных импульсов | 19 | 7 | 3 | 4 |  | 12 |
| 2. Магнитные генераторы импульсов | 14 | 2 | 2 |  |  | 12 |
| 3. Высоковольтные импульсные трансформаторы | 14 | 2 | 2 |  |  | 12 |
| 4. Генераторы мощных высоковольтных импульсов на основе емкостного накопителя энергии | 25 | 9 | 3 | 4 | 2 | 16 |
| 5. Генераторы мощных высоковольтных импульсов на основе индуктивного накопителя энергии | 27 | 9 | 3 | 4 | 2 | 18 |
| 6. Коммутаторы для емкостных накопителей энергии | 18 | 2 | 2 |  |  | 16 |
| 7. Коммутирующие устройства индуктивных накопителей энергии | 26 | 8 | 2 | 4 | 2 | 18 |
| 8. Использование водородного тираторона в качестве прерывателя тока в индуктивном накопителе энергии | 29 | 11 | 3 | 4 | 4 | 18 |
| Контроль | 44 |  |  |  |  | 44 |
| Всего: | 216 | 50 | 20 | 20 | 10 | 166 |

**Лабораторный практикум**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № пп | № раздела дисциплины | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость  (час.) |
|  | 4 | Исследование емкостного накопителя энергии в схеме генератора высоковольтных импульсов | 2 |
|  | 5 | Исследование индуктивного накопителя энергии в схеме генератора высоковольтных импульсов | 2 |
|  | 7 | Системы коммутации индуктивных накопителей энергии | 2 |
|  | 8 | Исследование работы тиратрона ТГИ2 500/20 в схеме индуктивного накопителя энергии | 4 |
| Всего | | | 10 |

**Перечень практических занятий**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № пп | № раздела дисциплины | Наименование практических занятий | Трудоемкость  (час.) |
|  | 1 | Расчет основных узлов генератора высоковольтных импульсов высокой мощности | 4 |
|  | 4 | Расчет емкостного накопителя энергии для генератора высоковольтных импульсов | 4 |
|  | 5 | Расчет индуктивного накопителя энергии для генератора высоковольтных импульсов | 4 |
|  | 7 | Расчет коммутирующего устройства для индуктивного накопителя энергии | 4 |
|  | 8 | Расчет параметров схемы индуктивного накопителя энергии с водородным тиратроном в качестве прерывателя тока | 4 |
| Всего | | | 20 |

**5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯ ТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Силовая электроника : учеб. для вузов / Ю. К. Розанов, М. В. Рябчицкий, А. А. Кваснюк. - 4-е изд., стер. - М. : ИД МЭИ, 2017. - 632с.; прил. - Библиогр.: с.616-620 (127 назв.). - ISBN 978-5-383-01301-4 : 881-10.

2. Справочник по силовой электронике : справ. / Ю. К. Розанов [и др.]. - 2-е изд., испр. - М. : ИД МЭИ, 2018. - 472с.; прил. - сп. лит. в конце глав. - ISBN 978-5-383-01291-8 : 772-20.

3. Мощная импульсная техника. С. Ю. Соковнин. - Е.: ГОУ-ВПО УГТУ-УПИ, 2009. - 65 с.– 5 шт.

**6. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕ**

**СТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации обучающихся приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины.

**7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. **Основная учебная литература:**
2. 1. Шмаков С.Б. Импульсные источники питания [Электронный ресурс]: создание, ремонт, работа/ Шмаков С.Б.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Наука и Техника, 2015.— 288 c.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/28781.html.— ЭБС «IPRbooks»
3. 2. Магнитокумулятивные генераторы – импульсные источники энергии. Том 1 [Электронный ресурс]: монография/ А.С. Борискин [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Саров: Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2012.— 439 c.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/60958.html.— ЭБС «IPRbooks»
4. 3. Месяц Г.А., Яландин М.И. Пикосекундная электроника больших мощностей// УФН. Т.175. №3. 2005.
5. 4. Месяц Г.А. Импульсная энергетика и электроника. - М.: Наука, 2004.
6. 5. Верещагин Н.М., Круглов С.А. Генератор высоковольтных импульсов с индуктивным накопителем энергии и тиратроном // ПТЭ. – 2002. - №6. – С. 56.
7. **Дополнительная учебная литература:**
8. 6. Сережин А.А., Круглов С.А., Верещагин Н.М., Майсурадзе А.И. Энергетические характеристики процесса прерывания тока газоразрядным коммутатором в генераторе мощных наносекундных импульсов с индуктивным накопителем энергии// Вестник РГРТУ. – Рязань – 2011 – Вып. 35 – С. 98-102.
9. 7. Сережин А.А., Круглов С.А., Верещагин Н.М. Влияние напряжения анода и тока анода на время выключения тиратрона в схеме индуктивного накопителя энергии// Электроника: межвуз. сб. науч. тр. – Рязань. – 2009.
10. 8. Сережин А.А., Круглов С.А., Верещагин Н.М. The Influence Of Generated Pulses Parameters On The Work Conditions Of Thyratron Included In The Scheme Of The Inductive Energy Storage// 16th International Symposium on High-Current Electronics (16th SHCE). – Tomsk. – Publishing House of IOA SB RAS. – 2010. – P. 278-280.
11. 9. Рукин С.Н. Генераторы мощных наносекундных импульсов с полупроводниковыми прерывателями тока// ПТЭ. - 1999. - №4. - С. 5.

**8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Электронно-библиотечная система «IPRbooks» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: доступ из корпоративной сети РГРТУ – свободный, доступ из сети Интернет – по паролю. – URL: https://iprbookshop.ru/.
2. Электронно-библиотечная система издательства «Лань» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: доступ из корпоративной сети РГРТУ – свободный, доступ из сети Интернет – по паролю. – URL: https://www.e.lanbook.com
3. Электронная библиотека РГРТУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: из корпоративной сети РГРТУ – по паролю. – URL: <http://elib.rsreu.ru/>

**9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

При изучении дисциплины очень полезно самостоятельно изучать материал, который еще не прочитан на лекции не применялся на практическом. Тогда лекция будет гораздо понятнее. Однако легче при изучении курса следовать изложению материала на лекции. Для понимания материала и качественного его усвоения рекомендуется такая после-довательность действий:

1). После прослушивания лекции и окончания учебных занятий, при подготовке к заня-тиям следующего дня, нужно сначала просмотреть и обдумать текст лекции, прослушанной се-годня (10-15 минут).

2). При подготовке к лекции следующего дня, нужно просмотреть текст предыдущей лекции, подумать о том, какая может быть тема следующей лекции (10-15 минут).

В течение недели выбрать время (1 час) для работы с литературой по в библиотеке.

Рекомендации по работе с литературой.

Теоретический материал курса становится более понятным, когда дополнительно к про-слушиванию лекции и изучению конспекта, изучаются и книги по данной тематике. Литературу по курсу рекомендуется изучать в библиотеке. Полезно использовать несколько учебников по курсу. Рекомендуется после изучения очередного параграфа выполнить несколько простых упражнений на данную тему. Кроме того, очень полезно мысленно задать себе следующие вопросы (и попробовать ответить на них): «о чем этот параграф?», «Какие новые понятия введены, каков их смысл?».

Рекомендации по подготовке к зачету.

Дополнительно к изучению конспектов лекции необходимо пользоваться учебником по курсу. Кроме «заучивания» материала зачета, очень важно добиться состояния понимания изу-чаемых тем дисциплины. При изучении теоретического материала всегда нужно рисовать схемы или графики. При подготовке к зачету нужно изучить теорию: определения всех понятий до состояния понимания материала и самостоятельно решить по нескольку типовых задач из каждой темы.

**10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Название ПО** | **№ лицензии** | **Количество мест** |
|  |  |  |

**11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

|  |  |
| --- | --- |
| **Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы** | **Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы** |
| Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, № 109 корпус 2 | 60 мест, мультимедийное оборудование, специализированная мебель, магнито-маркерная доска |
| Аудитория для самостоятельной работы. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, № 209 корпус 2  (компьютерный класс) | Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду. Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, магнито-маркерная доска |

Программу составили

к.т.н., доцент каф. ПЭл А.А.. Сережин

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Промышленная электроника» (протокол № 10 от 28.05.2020).

Зав. кафедрой ПЭл

к.т.н., доцент С.А. Круглов