

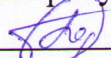
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»

КАФЕДРА ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

«СОГЛАСОВАНО»

Директор института  
магистратуры и аспирантуры

 О.А. Бодров

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий кафедрой ПЭл

 / С.А. Круглов

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор РОПиМД

/ А.В.Корячко

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.05 «Высоковольтная импульсная техника»**

Направление подготовки

11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

Направленность (профиль) подготовки

«Промышленная электроника»

Квалификация (степень) выпускника — магистр

Форма обучения — очная, очно-заочная

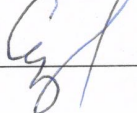
Рязань 2020г

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

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

Разработчики

к.т.н., доцент «Промышленной электроники»

  
\_\_\_\_\_ Серезин А.А.

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «28» 05 2020 г., протокол № 10

Заведующий кафедрой

«Промышленной электроники»

  
\_\_\_\_\_ Круглов С.А.

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**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.

### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**

<b>Коды компетенции</b>	<b>Содержание компетенций</b>	<b>Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине</b>
ПК-1	Готов формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач	<u><i>Знать:</i></u> цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники, экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач <u><i>Уметь:</i></u> формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач <u><i>Владеть:</i></u> навыками формулирования целей и задач научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники.
ПК-6	Способен анализировать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, гото-	<u><i>Знать:</i></u> цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники, экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач <u><i>Уметь:</i></u> формулировать цели и задачи

	вить научные публикации и заявки на изобретения	научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач <i>Владеть:</i> навыками формулирования целей и задач научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники.
ПК-8	Способен проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований	<i>Знать:</i> способы проектирования устройств, приборов и систем электронной техники с учетом заданных требований <i>Уметь:</i> проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований <i>Владеть:</i> навыками проектирования устройств, приборов и систем электронной техники с учетом заданных требований.
ПК-9	Способен разрабатывать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с методическими и нормативными документами	<i>Знать:</i> методы и способы разработки проектно-конструкторской документации в соответствии с методическими и нормативными документами <i>Уметь:</i> разрабатывать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с методическими и нормативными документами <i>Владеть:</i> навыками разработки проектно-конструкторской документации в соответствии с методическими и нормативными документами.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

Дисциплина изучается по очной и очно-заочной формам обучения на 2 курсе в 3 семестре.

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

До начала изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:

знать:

базовые технологии формирования высоковольтного напряжения;

- основное высоковольтное оборудование;
- уметь:
  - разрабатывать рассчитывать устройства высоковольтной техники;
  - работать с электроизмерительными приборами;
- владеть:
  - навыками проектирования устройств;
  - методами тестирования устройств высоковольтной техники.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин: «Научно-исследовательская работа».

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Объем дисциплины по семестрам (курсам) и видам занятий в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц (ЗЕ), 72 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		1	2	3	4
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	50			50	
В том числе:					
Лекции	20			20	
Лабораторные работы (ЛР)	10			10	
Практические занятия (ПЗ)	20			20	
Семинары (С)					
Курсовой проект/(работа) (аудиторная нагрузка)					
<i>Другие виды аудиторной работы</i>					
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	166			166	
В том числе:					
Курсовой проект (работа) (самостоятельная работа)	16			16	
Расчетно-графические работы					
Расчетные задания					
Реферат					
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>					
<b>Контроль</b>	44			44	
Вид промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)	экзамен				
Общая трудоемкость час	216			216	
Зачетные Единицы Трудоемкости	6				
Контактная работа (по учебным занятиям)					

## 4. Содержание дисциплины

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

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 тиратрона 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 импульсов 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 тиристорона в качестве прерывателя тока в индуктивном накопителе энергии	29	11	3	4	4	18
Контроль	44					44
<b>Всего:</b>	<b>216</b>	<b>50</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>166</b>

### Лабораторный практикум

№ пп	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (час.)
1.	4	Исследование емкостного накопителя энергии в схеме генератора высоковольтных импульсов	2
2.	5	Исследование индуктивного накопителя энергии в схеме генератора высоковольтных импульсов	2
3.	7	Системы коммутации индуктивных накопителей энергии	2
4.	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.	1	Расчет основных узлов генератора высоковольтных импульсов высокой мощности	4
2.	4	Расчет емкостного накопителя энергии для генератора высоковольтных импульсов	4
3.	5	Расчет индуктивного накопителя энергии для генератора высоковольтных импульсов	4
4.	7	Расчет коммутирующего устройства для индуктивного накопителя энергии	4
5.	8	Расчет параметров схемы индуктивного накопителя энергии с водородным тиратроном в качестве прерывателя тока	4
Всего			20

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной 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. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации 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



### **Основная учебная литература:**

1. Шмаков С.Б. Импульсные источники питания [Электронный ресурс]: создание, ремонт, работа/ Шмаков С.Б.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Наука и Техника, 2015.— 288 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/28781.html>.— ЭБС «IPRbooks»
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 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/60958.html>.— ЭБС «IPRbooks»
3. Месяц Г.А., Яландин М.И. Пикосекундная электроника больших мощностей// УФН. Т.175. №3. 2005.
4. Месяц Г.А. Импульсная энергетика и электроника. - М.: Наука, 2004.
5. Верещагин Н.М., Круглов С.А. Генератор высоковольтных импульсов с индуктивным накопителем энергии и тиратроном // ПТЭ. – 2002. - №6. – С. 56.

### **Дополнительная учебная литература:**

6. Серезин 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.
7. Серезин 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.
8. Серезин А.А., Круглов С.А., Верещагин Н.М. The Influence Of Generated Pulses Parameters On The Work Conditions Of Thyatron 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.
9. Рукин С.Н. Генераторы мощных наносекундных импульсов с полупроводниковыми прерывателями тока// ПТЭ. - 1999. - №4. - С. 5.

### **8. Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет, базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Справочная правовая система «ГАРАНТ».
2. Справочная правовая система «КонсультантПлюс».
3. Электронно-библиотечная система (ЭБС).
4. Электронно-библиотечная система «Лань», режим доступа – с любого компьютера РГРТУ без пароля. – URL: <https://e.lanbook.com/>
5. Электронно-библиотечная система «IPRbooks», режим доступа – с любого компьютера РГРТУ без пароля, из сети интернет по паролю. – URL: <https://iprbookshop.ru/>.

### **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

#### **9.1. Рекомендации по планированию и организации времени, необходимого для изучения дисциплины.**

Рекомендуется следующим образом организовать время, необходимое для изучения дисциплины:

Изучение конспекта лекции в тот же день, после лекции – 10-15 минут.

Изучение конспекта лекции за день перед следующей лекцией – 10-15 минут.

Изучение теоретического материала по учебнику и конспекту – 1 час в неделю.

#### **9.2. Описание последовательности действий обучающегося («сценарий изучения**

дисциплины»).

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

1). После прослушивания лекции и окончания учебных занятий, при подготовке к занятиям следующего дня, нужно сначала просмотреть и обдумать текст лекции, прослушанной сегодня (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 в библиотеке.

### **9.3. Рекомендации по работе с литературой.**

Теоретический материал курса становится более понятным, когда дополнительно к прослушиванию 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.

### **9.4. Рекомендации по подготовке к экзамену.**

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

## **10. Перечень информационных и образовательных технологий**

Перечень лицензионного программного обеспечения:

1. операционная система Windows XP (корпоративная лицензия);
2. пакет Libre Office или иное свободно распространяемое программное обеспечение (лицензия LGPL);
3. Kaspersky Endpoint Security Коммерческая лицензия на 1000 компьютеров №2304-180222-115814-600-1595, срок действия с 25.02.2018 по 05.03.2019).

### **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для освоения дисциплины необходимы:

- 1) лекционная аудитория, оборудованная средствами отображения презентаций и других лекционных материалов на экран;
- 2) компьютерные классы с отдельными рабочими местами для каждого студента. На персональных компьютерах должно быть установлено программное обеспечение.