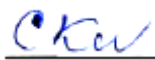


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
Ядерной физики

 Кадменский С.Г.  
30.08.21

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ДВ.01.02 Практикум по силовой электронике в ядерной физике**

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

03.04.02 Физика

**2. Профиль подготовки/специализация:**

Физика наносистем

**3. Квалификация (степень) выпускника: магистр**

**4. Форма обучения: очная**

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**

кафедра ядерной физики

**6. Составители программы:**

Сабуров Анатолий Николаевич, старший преподаватель

**7. Рекомендована:**

*НМС физического факультета Протокол № 6 \_от 17.06..2021.*

**8. Учебный год: 2021/2022**

**Семестр(ы): 2**

**9. Цели и задачи учебной дисциплины:**

Цель настоящего практикума: овладение знаниями и практическими навыками в области современной силовой электроники, систем вторичного электропитания и электропривода аппаратуры в ядерной физике.

#### Задачи учебной дисциплины:

- обучающиеся должны знать: способы анализа и синтеза силовых электронных схем, принципы работы силовых полупроводниковых приборов и особенности их применения для решения технических задач, устройство и принцип действия электрических машин и электротехнических устройств;
- обучающиеся должны приобрести умения: пользоваться измерительной аппаратурой, моделировать электронные схемы на ЭВМ и объяснять результаты моделирования, пользоваться справочной литературой по микросхемам и другим компонентам схем, выбирать при проектировании элементную базу с учётом решаемых задач, читать электрические схемы, производить выбор электродвигателей, технически грамотно и безопасно эксплуатировать электрооборудование отрасли, выполнить синтез простейшей схемы, содержащей полупроводниковые компоненты и рассчитать эту схему, разработать или использовать готовые схемные решения при необходимости приёма аналоговой информации с датчиков и подготовки её для передачи в ЭВМ.
- обучающиеся должны овладеть навыками: иметь опыт в выборе элементной базы при проектировании электротехнической и электронной аппаратуры, проектированием простых электронных устройств приёма и предварительной обработки информации с датчиков и подготовки к вводу в ЭВМ.

#### Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина Б1.В.ДВ.01.02 является курсом по выбору вариативной части блока Б1. Требования к входным знаниям, умениям и навыкам: знание основ информатики, физики, электротехники и электроники. Дисциплина основывается на знаниях, умениях и навыках обучающихся, полученных при изучении дисциплин в рамках направлению подготовки бакалавров, таких как:

- Информатика,
- Статистическая обработка результатов измерений,
- Электричество и магнетизм,
- Общая электротехника и электроника
- Учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, научно-исследовательская.

Освоение дисциплины является предшествующей для следующих дисциплин по направлению подготовки магистров, таких как:

- Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности
- Производственная практика, научно-исследовательская работа
- Производственная практика, преддипломная.

#### 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
УК-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) язы-	УК-4.1	Выбирает на государственном и иностранном языках коммуникативно приемлемые стратегии академического и профессиональ-	Знать: современное программное обеспечение для получения, хранения и переработки информации, основные источники научно-технической информации по силовой электронике Уметь: самостоятельно работать, принимать решения в рамках сво-

	ке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.3	ного общения  Умеет вести устные деловые переговоры в процессе профессионального взаимодействия на государственном языке РФ	ей профессиональной деятельности, применять на практике основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации; Владеть: навыками при работе в научных группах и других малых коллективах исполнителей при планировании эксперимента и обработке результатов
ПК-7		ПК-7.1.	Внедряет результаты научно-технических исследований и проектных разработок	Знать: современные теории, и методы физических исследований в области силовой электроники Уметь: пользоваться измерительной аппаратурой, моделировать электронные схемы на ЭВМ и объяснять результаты моделирования, пользоваться справочной литературой по микросхемам и другим компонентам схем, выбирать при проектировании элементную базу с учётом решаемых задач, читать электрические схемы, производить выбор электродвигателей Владеть: иметь опыт в выборе элементной базы при проектировании силовой электронной аппаратуры, проектированием простых электронных устройств приёма и предварительной обработки информации с датчиков и подготовки к вводу в ЭВМ.

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 3/108.**  
**Форма промежуточной аттестации — зачет.**

**13. Виды учебной работы:**

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	Всего	По семестрам
		2 семестр
Аудиторные занятия	32	32
в том числе: лекции		
практические		
лабораторные	32	32
Самостоятельная работа	76	76
Форма промежуточной аттестации (зачет – 0 час.)	зачет	зачет
Итого:	108	108

**13.1. Содержание дисциплины**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
<b>2. Практические занятия</b>		
<b>3. Лабораторные работы</b>		
1	Современная элементная база силовой электроники	1.1. Полевые транзисторы MOSFET 1.2. Комбинированные транзисторы IGBT 1.3. Тиристоры с полным управлением GTO, IGCT, SGCT. 1.4. Драйверы для управления силовыми элементами.
2	Системы вторичного электропитания	2.1. Силовые выпрямители. Фильтры. 2.1. Источники питания детекторов ионизирующего излучения. 2.2. Источники питания рентгеновских трубок. 2.3. Статические преобразователи электроэнергии для электропривода.
3	Электродвигатели	3.1. Электродвигатели постоянного тока. Механические и рабочие характеристики. Преимущества и недостатки. 3.2. Бесконтактные электродвигатели постоянного тока. Механические и рабочие характеристики. Преимущества и недостатки. 3.3. Асинхронные электродвигатели 3.3. Датчики положения и частоты вращения ротора. Энкодеры.
4	Системы управления напряжением питания исполнительных механизмов	4.1. Системы импульсно-фазового управления (СИФУ) 4.2. Системы широтно-импульсной модуляции (ШИМ) 4.3 Частотные преобразователи
5	Электропривод	5.1. Классификация электропривода по типу исполнительного двигателя. Задачи выбора двигателя. Нагревание и охлаждение двигателей. Номинальные режимы работы двигателей. Расчет мощности. 5.2. Системы плавного пуска электродвигателей. 5.3. Регулируемый, следящий и цифровой электропривод.
6	Микропроцессорные системы управления электроприводом	6.1. Специализированные микроконтроллеры для управления электродвигателями (Motor Control)

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Современная элементная база силовой электроники			6	12	10
2	Системы вторичного электропитания			6	12	18
3	Электродвигатели			6	14	18
4	Системы управления напряжением питания исполнительных механизмов			6	14	18
5	Электропривод			4	10	10
6	Микропроцессорные системы управления электроприводом			4	10	10
	Итого			32	72	108

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

При подготовке к лабораторным занятиям обучающийся может, используя рабочую программу дисциплины, уяснить тему предстоящей лабораторной работы. Лабораторные работы выполняются при последовательном изучении тем дисциплины и представляют собой выполнение практических задач предметной области с целью выработки у обучающихся навыков решения. Перед проведением занятия преподаватель информирует обучающихся о теме занятия, методиках будущих расчетов, сообщает о целях, задачах, порядке проведения и критериях оценки результатов работы.

В зависимости от готовности обучающихся к занятию преподаватель может объяснить ход решения типовой задачи. Далее обучающиеся получают задание и время на их выполнение. После выполнения лабораторной работы преподаватель оценивает правильность её выполнения, разбирает ошибки, допущенные в ходе выполнения работы, в случае их возникновения.

Самостоятельная работа является обязательной для каждого обучающегося, ее объем определяется данной рабочей программой дисциплины. Главная задача самостоятельной работы – развитие самостоятельности, ответственности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня. В ходе аудиторной самостоятельной работы обучающиеся участвуют в подготовке к лабораторным занятиям, участвуют в обсуждении задач, выполняют задания лабораторной работы. Внеаудиторная самостоятельная работа включает изучение справочной литературы, учебной основной и дополнительной литературы, подготовку к тестированию и составление отчета по лабораторной работе.

### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины <https://edu.vsu.ru>

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Семенов Б.Ю. Силовая электроника: профессиональные решения. – М.; СОЛОН-ПРЕСС, 2011. – 416С.: ил.
2	Кузовкин В.А. Электротехника и электроника: учебник для бакалавров/ В.А.Кузовкин, В.В.Филатов – Юрайт, 2013.-431с
3	Гусев В.Г. Электроника и микропроцессорная техника.: Учебник.-6-е изд./ В.Г. Гу-

сев, Ю.Г. Гусев – М.: Крокс, 2013 – 800 с.
--

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Миловзоров О.В. Электроника: учебник для вузов/ О.В. Миловзоров , И.Г.Панков – 3-е изд., стер.- М. : Высш. шк.,2006, - 287 с. : ил., табл., схемы
5	Чиликин М. Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода: Учебник для вузов.-6-е изд., доп. и перераб. – М.: Энергоиздат, 1981. – 576 с.
6	Забродин Ю. С. Промышленная электроника: Учебник для вузов. - М.: Высшая школа, 1982. – 496 с.
7	Касаткин А.С. Электротехника/ А.С. Касаткин, М.В. Немцов.– М.: Академия, 2008 – 538 с.
8	Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами: Учебное пособие для вузов. – Л.: Энергоиздат. Ленингр. Отд-ние, 1982. – 392 с.
9	Титце У. Полупроводниковая схемотехника, в 2-х томах : 12-е изд. / У.Титце, К. Шенк – «Додэка-XXI», 2008 – т.1- 832с., т.2 – 944с., ил., схемы.
10	Кузовкин В.А. Схемотехническое моделирование электрических устройств в Multisim: : Учебное пособие/ В.А. Кузовкин, В.В. Филатов. – 2016. – 336 с.
11	Крылов В.В. Основы теории цепей для системотехников./ В.В.Крылов, С.Я.Корсаков. – М.: Высшая школа, 1990.– 224с. ил.
12	Иванов И.И. Электротехника и основы электроники: Учебник, 7-е изд., перераб. и доп./И.И. Иванов, Г.И. Соловьев, В.Я. Фролов -СПб.: Издательство «Лань», 2012,-793 с., ил.
13	Борисов Ю.М. Электротехника: учебник/ Ю.М. Борисов.- БХВ-Петербург, 2014.- 592с.,ил.
14	Цифровая электроника : практическое руководство : [для студ. физ. фак. нерадиофиз. профиля и студ. фак. компьютер. наук специальностей: 010400 - Физика, 071900 - Информационные системы и технологии] / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: В.И. Захаров, Ю.П. Сбитнев .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2011 .— 50 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

№ п/п	Источник
15	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> <a href="https://lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/nov06109.pdf">https://lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/nov06109.pdf</a>

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы**

№ п/п	Источник
16	Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов направления 14.03.02. Ядерная физика и технологии, - Вахтель В.М., Титова Л.В. – ВГУ. – 2018. – 17 с.

**17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):**

При проведении занятий по дисциплине используются следующие образовательные технологии:

- активные и интерактивные формы проведения занятий;
- компьютерные технологии при проведении занятий;
- презентационные материалы и технологии при объяснении материала на лабораторных занятиях;

- специализированное программное обеспечение при проведении лабораторных работ ;
- разбор конкретных ситуаций при постановке целей и задач к разработке прикладных программ, при выборе программного обеспечения по установленным критериям, при разработке программ по предусмотренным алгоритмам и методам.

Для самостоятельной работы используется ЭБС Университетская библиотека online, www.lib.vsu.ru -ЗНБ ВГУ.

### 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная лаборатория 507П для проведения лабораторных работ.

Аудитория для самостоятельной работы, компьютерный класс с доступом к сети «Интернет»: компьютеры (мониторы, системные блоки) (15 шт.)

### 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	1. Современная элементная база силовой электроники 2. Системы вторичного электропитания 3. Электродвигатели 4. Системы управления напряжением питания исполнительных механизмов 5. Электропривод 6. Микропроцессорные системы управления электроприводом	УК-4	УК4-1 УК4-3	отчет по лабораторным работам
2.	1. Современная элементная база силовой электроники 2. Системы вторичного электропитания 3. Электродвигатели 4. Системы управления напряжением питания исполнительных механизмов 5. Электропривод 6. Микропроцессорные системы управления электроприводом	ПК-7	ПК-7.1	отчет по лабораторным работам
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет				Перечень вопросов КИМ

## **20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания**

### **20.1 Текущий контроль успеваемости**

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: **отчет по лабораторным работам**

#### **Перечень лабораторных работ:**

1. Полевые транзисторы MOSFET
2. Комбинированные транзисторы IGBT
3. Тиристоры с полным управлением GTO, IGCT, SGCT.
4. Драйверы для управления силовыми элементами.
5. Силовые выпрямители. Фильтры.
6. Источники питания детекторов ионизирующего излучения.
7. Источники питания рентгеновских трубок
8. Статические преобразователи электроэнергии для электропривода.
9. Электродвигатели постоянного тока. Механические и рабочие характеристики. Преимущества и недостатки.
10. Бесконтактные электродвигатели постоянного тока. Механические и рабочие характеристики. Преимущества и недостатки.
11. Асинхронные электродвигатели
12. Датчики положения и частоты вращения ротора. Энкодеры
13. Системы импульсно-фазового управления (СИФУ)
14. Системы широтно-импульсной модуляции (ШИМ)
15. Частотные преобразователи
16. Классификация электропривода по типу исполнительного двигателя. Задачи выбора двигателя. Нагревание и охлаждение двигателей. Номинальные режимы работы двигателей. Расчет мощности.
17. Системы плавного пуска электродвигателей.
18. Регулируемый, следящий и цифровой электропривод.
19. Специализированные микроконтроллеры для управления электродвигателями (Motor Control)

#### **Требования к оформлению отчета:**

Результаты расчетного задания и заданий на эксперимент заносятся в отчет, состоящий из титульного листа (на котором указывается наименование кафедры, название и цель работы, фамилия студента и номер группы), чертежей схем электрических цепей и устройств, таблиц для занесения результатов измерений и выполненных расчетов, осциллограммы и характеристики исследуемых электротехнических и электронных устройств, перечень использованных в работе приборов и выводы по работе

#### **Описание технологии проведения**

Выполненная в полном объеме лабораторная работа защищается. На защите особое внимание уделяется соответствию рассчитанных и экспериментально полученных данных и объяснению их возможных расхождений.

#### **Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания**

Критерии оценивания при текущей аттестации: глубина знания основного и дополнительного учебно-программного материала на уровне количественной характеристики, владение основными понятиями дисциплины, посещение лабораторных занятий, правильность оформления отчетов по лабораторным работам.

### **20.2 Промежуточная аттестация**

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: **зачет**

#### **Перечень вопросов к зачету:**

1. Полевые транзисторы MOSFET
2. Комбинированные транзисторы IGBT
3. Тиристоры с полным управлением GTO, IGCT, SGCT.
4. Драйверы для управления силовыми элементами.



5. Силовые выпрямители. Фильтры.
6. Источники питания детекторов ионизирующего излучения.
7. Источники питания рентгеновских трубок.
8. Статические преобразователи электроэнергии для электропривода.
9. Электродвигатели постоянного тока. Механические и рабочие характеристики. Преимущества и недостатки.
10. Бесконтактные электродвигатели постоянного тока. Механические и рабочие характеристики. Преимущества и недостатки.
11. Асинхронные электродвигатели
12. Датчики положения и частоты вращения ротора.
13. Энкодеры.
14. Системы импульсно-фазового управления (СИФУ)
15. Системы широтно-импульсной модуляции (ШИМ)
16. Частотные преобразователи
17. Классификация электропривода по типу исполнительного двигателя. Задачи выбора двигателя.
18. Нагревание и охлаждение двигателей. Номинальные режимы работы двигателей. Расчет мощности.
19. Системы плавного пуска электродвигателей.
20. Регулируемый, следящий и цифровой электропривод.
21. Специализированные микроконтроллеры для управления электродвигателями (Motor Control)

#### Пример КИМ:

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой ядерной физики  
\_\_\_\_\_ С.Г. Кадменский  
*подпись, расшифровка подписи*  
\_\_\_\_\_.\_\_\_\_.20\_\_

Направление подготовки: 03.04.02 Физика  
Дисциплина: Практикум по силовой электронике в ядерной физике  
Форма обучения: очная  
Вид контроля: зачет  
Вид аттестации: промежуточная

#### Контрольно-измерительный материал №1

1. Полевые транзисторы MOSFET
2. Источники питания детекторов ионизирующего излучения.
3. Системы импульсно-фазового управления (СИФУ)
4. Регулируемый электропривод.

Преподаватель \_\_\_\_\_ Сабуров А.Н.  
*подпись* *расшифровка подписи*

#### Описание технологии проведения

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя четыре теоретических вопроса, позволяющие оценить уровень полученных знаний и степень сформированности умений и навыков.

### Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания

Для оценивания результатов обучения на зачете используется качественная шкала: «зачтено», «не зачтено».

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Глубокое знание основного и дополнительного учебно-программного материала на уровне количественной характеристики, владение основными понятиями дисциплины. Посещение занятий, составление конспектов; выполнение всех лабораторных работ, правильно оформленная работа. Ответы на все контрольные вопросы, удельный вес ошибок при контрольном тестировании - не более 20%.	Достаточный	зачтено
Поверхностное знание основного учебно-программного материала, допускающее принципиальные ошибки в ответах. Наличие пропущенных лабораторных (более 50 %) и неотработанных (не сданных) практических занятий, Ошибки в расчетах, неправильно оформленная работа, отсутствие ответов на вопросы, удельный вес ошибок при контрольном тестировании - более 30%.	-	не зачтено