

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Степанов Павел Иванович  
Должность: Руководитель НТИ НИЯУ МИФИ  
Дата: 03.02.2025 09:04:03  
Уникальный программный ключ:  
8c65c591e26b2d8e460927740cf752622aa3b295

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Новоуральский технологический институт –  
филиал федерального государственного автономного образовательного  
учреждения высшего образования «Национальный исследовательский  
ядерный университет «МИФИ»

УТВЕРЖДЕНА  
Ученым советом НТИ НИЯУ МИФИ  
Протокол №1 от 03.02.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ  
ДИСЦИПЛИНЫ  
«Силовые  
полупроводниковые  
КЛЮЧИ»

Направление подготовки: 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
Профиль подготовки: «Электропривод и автоматика»  
Квалификация выпускника: бакалавр  
Форма обучения: Очно-заочная

Новоуральск 2025

Объем учебных занятий в часах:

Семестр	7
Трудоемкость, ЗЕТ	5
Трудоемкость, ч.	180
Аудиторные занятия, в т.ч.:	52
- лекции	18
- лабораторные занятия	16
- практические занятия	18
Самостоятельная работа	92
Контроль	36
Форма итогового контроля	экзамен
Из них занятия в интерактивной форме	18

Учебную программу составил ст. преподаватель кафедры промышленной электроники НТИ НИЯУ МИФИ Тунёва Анна Александровна

Рабочая программа составлена в соответствии с Образовательным стандартом высшего образования Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», (квалификация (степень) бакалавр), утвержденный **ученым советом** университета и **рабочим учебным планом** (РУП) по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль "Электропривод и автоматика",

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является формирование фундаментальных знаний в области электромагнитных явлений и их применения для решения проблем электромеханики и электроэнергетики.

## 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В соответствии с кредитно-модульной системой подготовки бакалавров по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» учебная дисциплина «Силовые полупроводниковые ключи» входит в вариативную часть основного раздела общепрофессионального модуля.

Изучение дисциплины рекомендовано по примерному РУП осуществлять в седьмом семестре.

Изучение данной дисциплины базируется на сумме знаний и практических навыков, полученных студентами на предметах:

***Физические основы электроники***

***Электронные цепи и микросхемотехника***

Методы, развиваемые в курсе, являются базовыми при изучении других компонентов цикла и спецпредметов, например: ***Энергетическая электроника. Системы управления преобразовательными устройствами***

Также они применяются при решении большинства прикладных задач.

Предшествующий уровень образования обучаемого – среднее (полное) общее образование, среднее профессиональное образование.

### 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ И ИХ СООТНОШЕНИЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Данный раздел устанавливает сквозное соотношение между планируемым результатом (ПР) в данной учебной дисциплине (УД) и образовательной программе (ОП).

#### 3.1. Планируемые результаты освоения образовательной программы, относящиеся к учебной дисциплине

В результате освоения дисциплины «Силовые полупроводниковые ключи» студент должен обладать следующими компетенциями (Таблица 1)

Таблица 1 Компетенции, реализуемые при изучении дисциплины

Код компетенции	Компетенции
<b>профессиональные компетенции</b>	
ПК-4	Способен соблюдать и оценивать параметры пусковых режимов оборудования с обеспечением современного и безопасного включения его в работу
<b>воспитательные компетенции</b>	
В-26	Формирование ответственности и аккуратности в работе с электротехническим оборудованием
В-27	Формирование коммуникативных навыков в области эксплуатации электротехнического оборудования

### **3.2. Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине**

В результате освоения дисциплины «Силовые полупроводниковые приборы» студент должен:

#### **Знать:**

- 31 – Конструкцию, принцип действия и физические процессы, протекающие в силовых полупроводниковых ключах;
- 32 - Маркировку, параметры и систему обозначений силовых полупроводниковых ключей;
- 33 – Анализ статических, динамических и тепловых характеристик силовых полупроводниковых ключей;
- 34 - Типовые модели схем управления силовыми полупроводниковыми ключами; формирователи импульсов управления для силовых полупроводниковых ключей;
- 35 – Методы и схемы защиты силовых полупроводниковых ключей.

#### **Уметь:**

- У1 - выбирать элементы защиты силовых полупроводниковых ключей для конкретных устройств и условий применений.
- У2 – провести расчет энергетических потерь и КПД в преобразователе.

#### **Владеть:**

- В1 – навыками выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик полупроводниковых приборов;

## 4. Структура и содержание учебной дисциплины

Общий объем дисциплины при очно-заочной форме обучения (ОЗО) 5 ЗЕТ, 180 ч..

### 4.1. Структура учебной дисциплины.

Соотношение лекций, практических занятий, лабораторных занятий, с их трудоёмкостью в часах, самостоятельной работой и методами контроля по каждому из семестров рассмотрено в п. 4.1.1 – 4.1.4.

4.1.1 Семестр – 7 Трудоёмкость 5 ЗЕТ, 180 ч., экзамен

Таблица 3

№ п/п	Название темы/раздела учебной дисциплины	Виды учебных занятий, и их трудоемкость (в часах)					Ссылка на ПР УД	Форма контроля
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Курсовые работы	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Базовые структуры силовых полупроводниковых приборов (СПП)	4	-	12	-	18	31, 32	ТПА, К1
2.	Характеристики и параметры СПП	4	-		-	20	33, В1	ТПА, ЛР1-3
3.	Управление СПП	4		4	-	18	34, В1	ТПА, К2, ЛР4
4.	Методы и схемы защиты СПП	4	6	-	-	18	35, У1	ТПА, ПР1, К3
5.	Особенности применения СПП	2	12		-	18	У2	ТПА, ПР2, К4
	Итого:	18	18	16	-	92		
6.	Контроль – зачет							

Примечание: ТПА– тест промежуточной (итоговой) аттестации по дисциплине,

ПР- практическая аудиторная работа,

К – конспект по теме,

ЛР – защита лабораторной работы

## Содержание 7 семестр (18 часов лекций)

Таблица 4

часы	лекции	Темы и содержание лекционных занятий
1	2	3
<b>Базовые структуры силовых полупроводниковых приборов</b>		
4	Л1(2)	Классификация СПК. Маркировка, параметры и система обозначений СПК.
	Л2(2)	Устройство, структуры, принцип действия и анализ характеристик силовых диодов, транзисторов, тиристоров.
<b>Характеристики и параметры СПП</b>		
4	Л3(2)	Анализ областей безопасных режимов СПК. Влияние температуры на параметры силовых приборов.
	Л4(2)	Потери в силовых полупроводниковых ключах. Тепловые сопротивления.
<b>Управление СПП</b>		
4	Л5(2)	Основные типы формирователей импульсов управления (ФИУ) для силовых полупроводниковых ключей.
	Л6(2)	Драйверы силовых транзисторов и тиристоров. Типовые модели схем управления силовыми полупроводниковыми ключами;
<b>Методы и схемы защиты СПП</b>		
4	Л7(2)	Основные типы перегрузок по напряжению и току.
	Л8(2)	Защитные цепи силовых ключей.
<b>Особенности применения СПП</b>		
4	Л9(2)	Основные области применения СПП. Применение силовых ключей в полупроводниковых преобразователях.

#### 4.1.2 Практические занятия Семестр 7

Таблица 5

№ п/п	Тема/раздел учебной дисциплины	Содержание	Трудоемкость, час.
<b>Семестр 7</b>			
1.	Методы и схемы защиты СПП	Расчет сглаживающего RCD – фильтра и выбор элементов	6
2.	Особенности применения СПП	Расчет потерь и КПД преобразователя. Расчет теплового режима и выбор радиатора.	12

#### 4.1.3 Лабораторные занятия Семестр 7

Таблица 6

Тема/раздел учебной дисциплины	Содержание	Трудоемкость, час.
Базовые структуры силовых полупроводниковых приборов (СПП)	ЛР1. Статические и динамические характеристики однооперационного тиристора (SCR).	4
	ЛР2. Статические и динамические характеристики мощного полевого транзистора с изолированным затвором (MOSFET).	4
Характеристики и параметры СПП	ЛР3. Статические и динамические характеристики биполярного транзистора с изолированным затвором (IGBT).	8
		16

#### 4.1.4 Самостоятельная работа обучающихся (92 часов)

Самостоятельная работа студента по учебной дисциплине регламентируется «Положением об организации самостоятельной работы студентов в НТИ НИЯУ МИФИ». При очно-заочной форме обучения большая часть материала усваивается самостоятельно, в свободное от работы время и требует большее количество времени.

Темы самостоятельной работы

Таблица 7

№	темы самостоятельной работы
1	2
1	<p>Темы конспектов (К1-К4):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ К1 «Устройство, структуры, принцип действия и характеристики современных модификаций силовых ключей»</li> <li>✓ К2 «Источники питания драйверов»</li> <li>✓ К3 «Силовые ключи с интегрированной системой защиты»</li> <li>✓ К4 «Типовые схемы транзисторных и тиристорных ключей»</li> </ul>

Распределение видов самостоятельной работы и трудоемкость

Таблица 8

№ п/п	Тема/раздел учебной дисциплины	Вид самостоятельной работы и ее содержание <sup>1</sup>	Трудоемкость, час.
1.	Базовые структуры силовых полупроводниковых приборов (СПП)	<p>Проработка текущего теоретического учебного материала</p> <p>Подготовка и написание конспекта :К1</p>	18

<sup>1</sup> В соответствии с «Положением об организации самостоятельной работы студентов в НТИ НИЯУ МИФИ»

2.	Характеристики и параметры СПП	Проработка текущего теоретического учебного материала	20
		Подготовка к лабораторным работам: ЛР1-3	
3.	Управление СПП	Проработка текущего теоретического учебного материала	18
		Подготовка и написание конспекта :К2	
		Подготовка к лабораторным работам: ЛР4	
4.	Методы и схемы защиты СПП	Проработка текущего теоретического учебного материала	18
		Подготовка к практике пр1	
		Подготовка и написание конспекта :К3	
		Оформление аудиторной работы ПР1	
5.	Особенности применения СПП	Проработка текущего теоретического учебного материала	18
		Подготовка и написание конспекта :К4	
		Подготовка к практике пр2	
		Оформление аудиторной работы ПР2	
6.	Подготовка к экзамену		36

## **5. Информационно-образовательные технологии**

Рекомендации для преподавателя по использованию информационно-образовательных технологий содержатся в «Положении об организационных формах и технологиях образовательного процесса в НТИ НИЯУ МИФИ».

При изучении данной дисциплины предусмотрена контактная работа студента с преподавателем в объеме 52 часов. Контактная форма включает занятия лекционного типа, практические и лабораторные занятия.

Кроме этого, предусмотрена интерактивная форма работы со студентом на лабораторных работах 18 часов: это диалоговое обучение, в ходе которого осуществляется взаимодействие преподавателя и обучающегося и обучающихся между собой при проведении исследований, а также при защите результатов.

Практические занятия проходят в активной форме. Вначале преподаватель объясняет ход решения задачи, а затем выдает варианты задач студентам, причем варианты могут быть как индивидуальными, так и групповыми (объединение по 2-3 человека). Работа в группе позволяет студентам обсудить алгоритм решения задачи, сформировать навыки коммуникативного характера.

В ходе практического занятия преподаватель консультирует студентов по мере возникновения вопросов и контролирует ход решения каждого студента (группы).

Отчеты по практическим заданиям оформляются самостоятельно и сдаются преподавателю, это позволяет сформировать навыки оформления текстовой документации.

В ходе лекции преподаватель излагает материал в форме монолога, отвечая на вопросы студентов по ходу изложения. Некоторые темы предполагают самостоятельную работу студентов (таблица 7). Студент о выполненной работе отчитывается наличием конспекта в тетради.

В течение семестра проводятся консультации, где преподаватель при личном общении помогает студенту освоить сложные для него темы, метод решения заданных задач.

В конце семестра преподаватель подводит итог и по набранным баллам допускает либо нет студента до экзамена. Средства для контроля и оценки указаны в ФОС промежуточного контроля (приложение 4).

## Перечень программного обеспечения и информационные справочные системы

При выполнении лабораторных работ, при оформлении отчетов и иных текстовых документов студент может воспользоваться следующими продуктами лицензионного ПО, имеющегося в НТИ НИЯУ МИФИ

Таблица 11

Наименование ПО	Лицензия	Закупка
1	2	3
Windows Server 2008 R2	подписка Campus and School Agreement № 6679446	Договор № 381-877за от 08.12.2014 г.
Windows XP Professional	подписка Campus and School Agreement № 6679446	Договор № 381-877за от 08.12.2014 г.
Windows 7 Professional	подписка Campus and School Agreement № 6679446	Договор № 381-877за от 08.12.2014 г.
Windows 8.1	подписка Campus and School Agreement № 6679446	Договор № 381-877за от 08.12.2014 г.
Microsoft Office 2007 Enterprise	подписка Campus and School Agreement № 6679446	Договор № 381-877за от 08.12.2014 г.
Microsoft Office 2010 Professional Plus	подписка Campus and School Agreement № 6679446	Договор № 381-877за от 08.12.2014 г.
Антивирус Касперский		Договор № 381-370а от 23.11.2012 г.
Mathcad 14.0		лицензия приобретена по договору № 334С/5П-2008 от 21.10.2008 г.
7-Zip	Свободно распространяемое ПО, лицензия не требуется	
Adobe Reader X	Свободно распространяемое ПО, лицензия не требуется	
Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО, лицензия не требуется	
Opera	Свободно распространяемое ПО, лицензия не требуется	
Electronics Workbench v5.12	Свободно распространяемое ПО, лицензия не требуется	

Учебная дисциплина обеспечена учебно-методической документацией и материалами. Её содержание представлено в локальной сети учебного заведения и находится в режиме свободного доступа для студентов. Доступ студентов для самостоятельной подготовки осуществляется через компьютеры дисплейного класса (в стандартной комплектации).

Библиотека имеет электронный каталог, который ведется с 1999 года. Собственные базы данных электронного каталога составляют:

- Электронный каталог книг
- ЭК «Фонд редких книг»
- ЭК «Госты»
- ЭК «Краеведение НТИ»
- ЭК «Высшая школа»
- АИБС «МАРК-SQL» (<http://mars.arbicon.ru/>)
- Корпоративная сеть библиотек Урала «Consensus omnium» (<http://opac.urfu.ru/consensus/>)
- <http://arbicon.ru/>

## 6. Оценочные средства для контроля успеваемости работы студентов

Для оценки достижений студента используется *балльно-рейтинговая система, представленная в приложении 3.*

Для проведения промежуточного контроля достижений студента используется ФОС промежуточного контроля, *представленный в приложении 4.*

- В семестре студент должен выполнить и защитить лабораторные работы, которые контролируют **навыки** исследований студента применить полученные знания в соответствии с ПРУД.
- В семестре студент должен выполнить ряд практических работ, которые контролируют **умения** студента применить полученные знания в соответствии с ПРУД.
- В семестре студент должен самостоятельно проработать ряд конспектов, контролирующих формируемые **знания**.
- Текущий контроль по дисциплине в семестре позволяет набрать максимум – 40 баллов.
- Посещаемость и активность на практических занятиях, а также своевременное и оригинальное выполнение работ за семестр может принести ещё до 10 баллов за личностные качества студента;
- Допуском до экзамена является 20 баллов;
- При промежуточной аттестации по предмету используется тестирование, состоящее из вопросов, которые контролируют знания, сформированные у студента, и задач, которые контролируют умения, сформированные у студента за текущий семестр изучения дисциплины, на выполнение даётся 2 часа; итого максимальное количество баллов на зачете 50 баллов.
- Результатом является общий суммарный рейтинг, оценка выставляется при наборе не менее 60 баллов с указанием этой суммы и соответствующей оценки.

Оценка по 5 бальной шкале	Зачет	Сумма баллов по дисциплине	Оценка (ECTS)	Градация
5 (отлично)	Зачтено	90-100	<b>A</b>	Отлично
4 (хорошо)		85-89	<b>B</b>	Очень хорошо
		75-84	<b>C</b>	Хорошо
		70-74	<b>D</b>	Удовлетворительно
3 (удовлетворительно)		65-69	<b>E</b>	Посредственно
	60-64			
2 (неудовлетворительно)	Не зачтено	Ниже 60	<b>F</b>	Неудовлетворительно

## 6.1 Основные требования к результатам освоения дисциплины «Силовые полупроводниковые ключи»

### Перечень вопросов к экзамену

- 1 Какие полупроводниковые приборы относят к силовым?
- 2 Маркировка силовых полупроводниковых диодов?
- 3 Что такое режим лавинного пробоя?
- 4 В чем отличие и преимущество диодов Шоттки от диодов на основе р-п перехода?
- 5 Что такое время обратного восстановления
- 6 В чем особенности структуры силового биполярного транзистора?
- 7 Чем определяется быстродействие силового биполярного транзистора?
- 8 Принцип действия тиристора?
- 9 Условия включения и выключения тиристора?
- 10 Вольтамперная характеристика тиристора?
- 11 Структура тиристор-диод?
- 12 Структура симметричного тиристора (симистора)?
- 13 Принцип действия симметричного тиристора (симистора)?
- 14 Структура запираемого тиристора (GTO-тиристор)?
- 15 Что такое класс тиристора?
- 16 Какие виды тириستоров используются в силовой электронике?
- 17 Как определяется время включения и выключения тиристора?
- 18 Структуры мощных силовых МДП-транзисторов (MOSFET)?
- 19 Эквивалентная электрическая схема мощного МДП-транзистора (MOSFET) с учетом «паразитных» элементов?
- 20 Статические характеристики мощного МДП-транзистора (MOSFET)?

- 21 Особенности переключения мощного МДП-транзистора (MOSFET), эффект Миллера?
- 22 Пути снижения сопротивления канала открытого мощного МДП-транзистора (MOSFET)?
- 23 Структура статического индукционного транзистора (SITr)?
- 24 Вольтамперные характеристики статического индукционного транзистора (SITr)?
- 25 Структуры биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT)?
- 26 Эквивалентная электрическая схема биполярного транзистора с изолированным затвором (IGBT)?
- 27 Особенность процесса выключения биполярного транзистора с изолированным затвором (IGBT)?
- 28 Структура и эквивалентная электрическая схема статического индукционного тиристора (SITh)?
- 29 Тиристоры, коммутируемые по цепи управления (GCT и IGCT)?
- 30 Структура тиристоров с полевым управлением (MCT) n- и p-типа?
- 31 Эквивалентная электрическая схема тиристора с полевым управлением (MCT)?
- 32 Предельные характеристики силовых полупроводниковых приборов?
- 33 Влияние температуры на характеристики силовых полупроводниковых приборов?
- 34 Потери в силовых полупроводниковых приборах?
- 35 Что такое тепловое сопротивление?
- 36 Выбор силового полупроводникового прибора, обобщенная последовательность выбора?

- 37 Что такое драйвер?
- 38 Обобщенная структурная схема драйвера?
- 39 Функции драйвера?
- 40 Классификация драйверов?
- 41 Схемы драйверов с одновременной передачей энергии и информации?
- 42 Схемы драйверов с отдельной передачей энергии и информации?
- 43 Источники питания драйверов?
- 44 Защита силовых полупроводниковых приборов от токов короткого замыкания, от превышения температуры, от недонасыщения?
- 45 Причины перенапряжений на силовых полупроводниковых приборах?
- 46 Защитные цепи (снабберы) от перенапряжений?

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1 Основная литература

1. **Воронин П.А.** Силовые полупроводниковые ключи: семейства, характеристики, применение. Учебник Издательство: Додэка-XXI :978-5-94120-087-0 ISBN:2010 Год:2-е, перераб. и доп. Издание: 381 стр. **Количество экз. – 10**

### 7.2 Дополнительная литература

1. **Воронин П. А.** Силовые полупроводниковые ключи : Семейства. Характеристики. Применение / П. А. Воронин. - М. : Додэка-XXI, 2003. - 384 с. Количество экз. – 34
2. **Пасынков В. В.** Полупроводниковые приборы : учеб. для вузов / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. - 6-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2002. - 480 с. Количество экз. – 6
3. **Аксенов А. И.** Транзисторы биполярные Транзисторы биполярные и полевые. Выпрямительные диоды. Варикапы. Стабилитроны и стабилитроны. Ограничительные диоды. Тиристоры. Оптоэлектронные приборы. Зарубежные аналоги отечественных приборов / А. И. Аксенов, А. В. Нефедов. - М. : Солон-Р, 2002. - 312 с. Количество экз. – 6

### 7.3 Методическое обеспечение

1. Ефимов А.А. Лабораторный практикум по курсу «Силовые полупроводниковые ключи». - Новоуральск: НТИ, 2012. -64 с.
2. Тунева А.А. Расчет потерь и КПД преобразователя. Задания и методические указания к выполнению практического задания для студентов бакалавров по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» по курсу «Силовые полупроводниковые ключи» Методические указания сопровождаются примерами решения и достаточным набором вариантов исходных данных для домашнего задания. -Новоуральск: НТИ НИЯУ МИФИ ,2015.-16 с.:ил
3. Тунева А.А. Расчет параметров выравнивающих RCD – цепочек. Задание и методические указания к выполнению практического задания для студентов бакалавров по направлению 13.03.02

«Электроэнергетика и электротехника» по курсу “Силовые полупроводниковые ключи” Методические указания сопровождаются примерами решения и достаточным набором вариантов исходных данных для домашнего задания. .-Новоуральск: НТИ НИЯУ МИФИ ,2015.-10 с.:ил

#### **7.4 Методические руководства и пособия для самостоятельной работы студентов**

1. Стандарт организации, требования к оформлению текстовой документации СТО НТИ –2-2014 .- Новоуральск: НТИ, 2014. - 147с., ил.

**7.5 Информационное обеспечение (включая перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»)**

1. 1 <http://nsti.ru>
2. 2 научная библиотека e-librari
3. 3 ЭБС «Лань»
4. 4 ЭБС «IPRbooks»

### **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Учебная дисциплина обеспечена учебно-методической документацией и материалами. Её содержание представлено в локальной сети учебного заведения и находится в режиме свободного доступа для студентов. Доступ студентов для самостоятельной подготовки осуществляется через компьютеры дисплейного класса (в стандартной комплектации).

Лабораторные работы по курсу осуществляются в специализированной лаборатории. Студенты проходят первичный инструктаж по технике безопасности.

а. Лаборатория (513) "Электроники и микроэлектроники":

- Лабораторные стенды по курсу "Силовые полупроводниковые ключи" – 3 шт;

- Генератор Г5-54 – 5 шт;
- Осциллограф С1-137 – 25 шт;
- Мультиметр М890D – 25 шт;
- Комбинированный измерительный прибор типа Ц4353 – 20 шт;
- Источники питания Б5-44А – 20 шт.

в. методическими указаниями по выполнению лабораторных работ в комплекте 5+1 штук

Рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет,

Рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде размещены в компьютерных классах (110, 107, 232, 234) и электронном зале библиотеки.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

1. Стандарт организации, требования к оформлению текстовой документации СТО НТИ –2-2014 .- Новоуральск: НТИ, 2014. - 147с., ил.
2. Положение об организации самостоятельной работы обучающихся НТИ НИЯУ МИФИ.- Новоуральск: НТИ, 2014. -12 с.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для освоения дисциплины студент должен проработать, согласно рабочей программе, теоретический материал, представленный в разделе 4, воспользовавшись перечнем основной и дополнительной литературы, а также выполнить практические работы по соответствующим темам, используя методические разработки, представленные в приложении 1 и по [7.3.2].

Лабораторные работы необходимо выполнять на стендовом оборудовании. Методическое обеспечение представлено в приложении 1, а сам материал в электронном читальном зале библиотеки и в лаборатории непосредственно.

По окончании изучения дисциплины в семестре проводится контроль в форме зачета 8з. Описание и ожидаемые результаты представлены в разделе РП 6.1 – 6.2.

Фонд оценочных средств для промежуточной (итоговой) аттестации по предмету представлен в приложении 4.



# Приложение 4. Фонд оценочных средств

## Пример практики 4

### ЗАДАНИЕ

1. Для заданного в таблице 1 силового VS ключа (варианты 1-12) выполнить расчет пиковой (импульсной) и средней мощности:

$$P_{\text{ИМП}} = V_{T(TO)} \cdot i_T + r_T \cdot i_T^2$$

$$P_0 = V_{T(TO)} \cdot I_{Tav} + r_T \cdot I_{TRMS}^2$$

Для заданного в таблице 1 силового VT ключа (варианты 13-24) выполнить расчет пиковой (импульсной) и средней мощности:

$$P_{\text{ИМП}} = V_{T(TO)} \cdot i_F + r_T \cdot i_F^2$$

$$P_0 = P_{tot}$$

2. При температуре окружающей среды 25<sup>0</sup>С вычертить схему замещения теплового сопротивления для режима импульсных и постоянных токов.
3. Рассчитать тепловое сопротивление охладителя:
  - а) для режима импульсных токов по величине пиковой мощности,
  - б) для режима постоянных токов по средней мощности:
4. Выбрать из таблицы охладитель, соответствующий конструкции ключа и проверить, подходит ли он, по формуле:

$$T_j^* = P_0 \cdot \sum_1^3 R_{th} - T_a = P_0 \cdot (R_{thjc} + R_{thch} + R_{thha}) - T_a$$

5. Полученная температура должна составлять 80% от максимально возможной.

### Примечание:

1.  $R_{thcs} = R_{thch}$
2. Разность температур одинакова как в Кельвинах, так и в Цельсиях.

Таблица 1

вариант	спк		вариант	спк	
1,7	SKT 10	B3-7	13,19	SKM200GA123D	B6-71
2,8	SKT 16	B3-7	14,20	SKM300GA123D	B6-83
3,9	SKT 24	B3-7	15,21	SKM300GA173D	B6-89
4,10	SKT 40	B3-13	16,22	SKM400GA123D	B6-101
5,11	SKT 50	B3-13	17,23	SKM400GA173D	B6-107
6,12	SKT 55	B3-17	18,24	SKM500GA123DS	B6-113

B3-7 – страница с параметрами ключа в [1].

Пример теста промежуточной аттестации темы

### Часть В к экзамену по дисциплине «Силовые полупроводниковые приборы»

Фамилия, имя студента,

группа.....

Задание №1. **Изобразить условное графическое изображение** полупроводникового прибора. **Указать наименование электродов СПК**

Полупроводниковый прибор	Условное графическое изображение	Полупроводниковый прибор	Условное графическое изображение
Тиристор SCR		Полевой транзистор MOSFET	
Тиристор GTO		Комбинированный транзистор IGBT	

Задание №2. Изобразить типовую схему защиты тиристорного преобразователя от **токовых перегрузок**.

Задание №3. Какие параметры указаны в маркировке прибора? SKT600/12E

Задание №4. Рассчитать тепловое сопротивление охладителя для силового ключа по временной диаграмме. Потери на управление не учитывать.

$E = 600\text{В}$ ,  $I_{\max} = 20\text{А}$ ,  $f = 0,3\text{ кГц}$   $R_{jc} = 0.12\text{К/В}$ ,  $R_{jc\text{ vd}} = 0.25\text{ К/В}$ ,  $R_{cs} = 0.038\text{ К/В}$

**Часть В к экзамену по дисциплине  
«Силовые полупроводниковые приборы»**

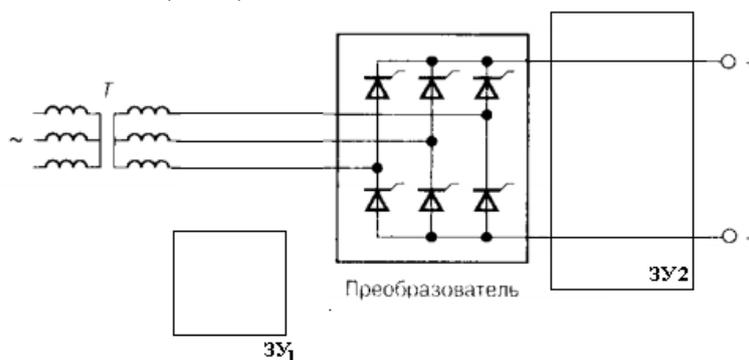
Фамилия, имя студента,

группа.....

Задание №1. **Изобразить условное графическое изображение** полупроводникового прибора. **Указать наименование электродов СПК**

Полупроводниковый прибор	Условное графическое изображение	Полупроводниковый прибор	Условное графическое изображение
Тиристор SCR		Полевой транзистор MOSFET	
Тиристор GTO		Комбинированный транзистор IGBT	

Задание №2. Дополнить схему защитой от сетевых скачков напряжения (ЗУ1) и от перенапряжения на ключе (ЗУ2).



Задание №3. . Какие параметры указаны в маркировке прибора? SKM200GB12/5D

Задание №4. Рассчитать тепловое сопротивление охладителя для силового ключа по временной диаграмме. Потери на управление не учитывать.

$$E = 400\text{В}, I_{\max} = 20\text{А}, f = 0,2\text{кГц}, R_{jc} = 0.14\text{К/В}, R_{jc\text{ vd}} = 0.20\text{ К/В}, R_{cs} = 0.027\text{ К/В}$$

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль "Электропривод и автоматика"

**Дополнения и изменения к рабочей программе:**

на 20\_\_\_\_/20\_\_\_\_ уч.год

в рабочую программу вносятся следующие изменения:

1.

---

---

---

---

---

---

---

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий кафедрой ПЭ \_\_\_\_\_

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий кафедрой ПЭ \_\_\_\_\_

Программа действительна

на 20\_\_\_\_/20\_\_\_\_ уч.год \_\_\_\_\_ (заведующий кафедрой ПЭ)

на 20\_\_\_\_/20\_\_\_\_ уч.год \_\_\_\_\_ (заведующий кафедрой ПЭ)

на 20\_\_\_\_/20\_\_\_\_ уч.год \_\_\_\_\_ (заведующий кафедрой ПЭ)