

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Котова Лариса Анатольевна  
Должность: Директор филиала  
Дата подписания: 18.08.2023 09:07:01  
Уникальный программный ключ:  
10730ffe6b1ed036b744b6e9d97700b86e5c04a7

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»  
Новотроицкий филиал

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Силовая электроника

Закреплена за подразделением Кафедра электроэнергетики и электротехники (Новотроицкий филиал)

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль

Квалификация **Бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **6 ЗЕТ**

Часов по учебному плану	216	Формы контроля в семестрах: экзамен 6 курсовая работа 6
в том числе:		
аудиторные занятия	68	
самостоятельная работа	112	
часов на контроль	36	

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	6 (3.2)		Итого	
	18			
Неделя	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	34	34	34	34
В том числе инт.	12	12	12	12
Итого ауд.	68	68	68	68
Контактная работа	68	68	68	68
Сам. работа	112	112	112	112
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	216	216	216	216

Программу составил(и):

*Старший преподаватель, Белых Д.В.*

Рабочая программа

**Силовая электроника**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (уровень бакалавриата) (приказ от 05.03.2020 г. № № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника Профиль - Электропривод и автоматика, 13.03.02\_21\_Электроэнергетика и электротехника\_ПрЭПиА\_2020.plx , утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 21.04.2021, протокол № 30

Утверждена в составе ОПОП ВО:

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника Профиль - Электропривод и автоматика, , утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 21.04.2021, протокол № 30

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра электроэнергетики и электротехники (Новотроицкий филиал)**

Протокол от 09.06.2022 г., №6

Руководитель подразделения доцент, к.п.н. Мажирин Р.Е.

### 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Цели освоения дисциплины: формирование и закрепление у обучающихся знаний о принципах действия элементов, приборов и устройств промышленной электроники, основных их характеристиках и параметрах, условиях их эксплуатации, а также возможностях применения в различных устройствах электроэнергетики.
1.2	Задачи: изучение основ системного анализа и синтеза применительно к приборам и устройствам силовой электроники; изучение принципов действия и методов расчета основных видов преобразователей электрической энергии, усилителей и генераторов электрических сигналов и использование их в электронных приборах и устройствах.

### 2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Теория автоматического управления	
2.1.2	Электрические машины	
2.1.3	Проектный подход в технике	
2.1.4	Электротехническое и конструкционное материаловедение	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Общая энергетика	
2.2.2	Системы управления электроприводов	
2.2.3	Автоматизация технологических процессов	
2.2.4	Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов	
2.2.5	Государственная итоговая аттестация	
2.2.6	Преддипломная практика	

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

<b>ПК-2: Способен проектировать системы электропривода и автоматизированные системы управления с использованием цифровых технологий</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-2-31 принципы проектирования силовых преобразователей в соответствии с техническим заданием и нормативной документацией	
<b>Уметь:</b>	
ПК-2-У1 выбирать оборудование для реализации проекта в соответствии с техническим заданием и требованиями экологии	
<b>Владеть:</b>	
ПК-2-В1 методиками расчета схем и силовых элементов и режимов работы преобразователей, устройств защиты и автоматики	

### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Элементная база силовой электроники.</b>							
1.1	Силовые диоды. Тиристоры. Запираемые тиристоры. Классификация, основные характеристики, параметры и схемы включения. IGBT и MOSFET транзисторы. Классификация, основные характеристики, параметры и схемы включения. /Лек/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4			
1.2	Выбор силовых полупроводниковых приборов по напряжению и току. /Пр/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4			

1.3	Расчет потерь проводимости и коммутации в силовых полупроводниковых приборах. /Пр/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4			
1.4	Изучение характеристик силовых полупроводниковых приборов /Ср/	6	10	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4			
<b>Раздел 2. Неуправляемые выпрямители.</b>								
2.1	Неуправляемые выпрямители. Назначение, классификация, функциональная схема. Однофазные неуправляемые выпрямители. Схемы, диаграммы работы и основные характеристики. Трехфазные неуправляемые выпрямители. Схемы, диаграммы работы и основные характеристики. /Лек/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4			
2.2	Расчет характеристик неуправляемых выпрямителев. /Пр/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4			
2.3	Исследование однофазного двухполупериодного выпрямителя /Лаб/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ1	Р1
2.4	Изучение характеристик неуправляемых выпрямителев. /Ср/	6	12	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ1	Р1
<b>Раздел 3. Управляемые выпрямители.</b>								
3.1	Принцип работы управляемого выпрямителя на тиристорах. Однофазный нулевой управляемый выпрямитель. Понятие о фазовом управлении. Трехфазный нулевой и мостовой управляемый выпрямитель. Схемы, режимы работы, временные диаграммы и основные характеристики. Явление коммутации в управляемых выпрямителях. Внешние характеристики управляемых выпрямителев. Работа выпрямителя на противо-ЭДС. Временные диаграммы и основные режимы. Регулировочные характеристики выпрямителев при работе на противо-ЭДС. /Лек/	6	3	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4			

3.2	Расчет управляемых выпрямителей. Выбор силового трансформатора, схемы выпрямления и тиристоров. /Пр/	6	6	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4	Групповое занятие		
3.3	Исследование трехфазного двухполупериодного мостового выпрямителя /Лаб/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ2	Р2
3.4	Исследование однофазного управляемого мостового выпрямителя /Лаб/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ3	Р3
3.5	Исследование однофазного управляемого мостового выпрямителя /Лаб/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ4	Р4
3.6	Изучение характеристик управляемых выпрямителей /Ср/	6	12	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ2,КМ3,КМ4	Р2,Р3,Р4
	<b>Раздел 4. Инверторы ведомые сетью.</b>							
4.1	Принцип работы инвертора ведомого сетью. Регулировочные и внешние характеристики инвертора. Коммутация в инверторах. Влияние режима прерывистых токов на внешние характеристики инвертора ведомого сетью. /Лек/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4			
4.2	Изучение характеристик инверторов ведомых сетью. /Ср/	6	12	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4			Р7
	<b>Раздел 5. Реверсивные тиристорные преобразователи.</b>							
5.1	Схемы включения реверсивных тиристорных преобразователей. Принцип совместного управления группами тиристоров. Внешние характеристики при совместном управлении. Принцип раздельного управления группами тиристоров. Внешние характеристики при раздельном управлении. Системы управления тиристорными преобразователями. Классификация, основные требования. Многоканальные и одноканальные синхронные СИФУ. /Лек/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4			
5.2	Расчет элементов силовой схемы реверсивного тиристорного преобразователя. /Пр/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4	Групповое занятие		

5.3	Расчет фазовых и регулировочных характеристик СИФУ и тиристорного преобразователя при совместном и раздельном управлении. /Пр/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4			
5.4	Расчет внешних и энергетических характеристик реверсивных тиристорных преобразователей. /Пр/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4			
5.5	Исследование трехфазного двухполупериодного мостового инвертора, ведомого сетью /Лаб/	6	3	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ5	Р5
5.6	Выполнение курсового проекта /Ср/	6	32	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4			Р7
<b>Раздел 6. Преобразователи постоянного напряжения.</b>								
6.1	Понижающий, повышающий и инвертирующий преобразователи постоянного напряжения. Диаграммы работы и основные характеристики. /Лек/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4			
6.2	Корректор коэффициента мощности на базе повышающего преобразователя постоянного напряжения. Неревверсивный преобразователь с возможностью рекуперации энергии. Диаграммы работы и основные характеристики. Реверсивный преобразователь постоянного напряжения. Симметричное и несимметричное управление. Диаграммы работы и основные характеристики. /Лек/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4			
6.3	Расчет преобразователей постоянного напряжения на транзисторах. /Пр/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4	Групповое занятие		
6.4	Системы управления преобразователями постоянного напряжения. /Пр/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4	Групповое занятие		
6.5	Исследование мостового широтно-импульсного преобразователя с симметричным законом управления /Лаб/	6	6	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ6	Р6,Р7

6.6	Изучение характеристик преобразователей постоянного напряжения. /Ср/	6	12	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ6	Р6,Р7
<b>Раздел 7. Автономные инверторы и преобразователи частоты.</b>								
7.1	Автономные инверторы. Назначение и классификация. Однофазный автономный инвертор напряжения на транзисторах. Регулирование величины и формы напряжения в однофазных инверторах. Принцип широтно-импульсной модуляции. /Лек/	6	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4			
7.2	Расчет элементов силовой схемы автономного инвертора на транзисторах. /Пр/	6	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4			Р7
7.3	Расчет и выбор преобразователей частоты со звеном постоянного тока. Сглаживающие дроссели, фильтры, тормозные резисторы. /Пр/	6	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4			Р7
7.4	Система управления преобразователя частоты с векторным управлением. /Пр/	6	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4			Р7
7.5	Подготовка к экзамену /Ср/	6	22	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ7	
7.6	Проведение экзамена /Экзамен/	6	36	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Э1 Э2 Э3 Э4		КМ7	

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Лабораторная работа №1 Исследование однофазного двухполупериодного выпрямителя	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1	1. Какие преимущества имеют двухполупериодные выпрямители перед однополупериодными? 2. Как определить коэффициент пульсаций выпрямителя? 3. Какие преимущества имеет мостовая схема по сравнению с выпрямителем с выводом от средней точки вторичной обмотки трансформатора? 4. По каким параметрам выбирают диоды для выпрямителей?
КМ2	Лабораторная работа №2 Исследование трехфазного двухполупериодного мостового выпрямителя	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1	1. Как влияет емкость сглаживающего конденсатора на амплитуду пульсаций выпрямленного напряжения? 2. Как изменится амплитуда пульсаций выпрямленного напряжения и коэффициент пульсаций, если частота напряжения сети увеличится в два раза? 3. Назовите основные виды сглаживающих фильтров. 4. Объясните принцип действия трехфазного однотактного выпрямителя и изобразите формы токов и напряжений в схеме.

КМ3	Лабораторная работа №3 Исследование однофазного управляемого мостового выпрямителя	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что называют управляемым и неуправляемым выпрямителем и каково различие между ними?</li> <li>2. Каковы основные характеристики выпрямительных устройств.</li> <li>3. Назначение элементов выпрямителей (трансформатора, вентильной группы, сглаживающего фильтра).</li> <li>4. Изобразите вольт-амперные характеристики основных электроэлементов, применяющихся в вентильных группах выпрямительных устройств (диода, тиристора).</li> </ol>
КМ4	Лабораторная работа №4 Исследование однофазного управляемого мостового выпрямителя	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Способы управления тиристором. Как включить и выключить тиристор?</li> <li>2. Дайте определение внешней характеристики. Объясните характер и взаимное расположение полученных в опытах внешних характеристик.</li> <li>3. Что такое пульсации выпрямленного напряжения? Как определяется коэффициент пульсаций?</li> <li>4. Меры борьбы с пульсациями?</li> </ol>
КМ5	Лабораторная работа №5 Исследование трехфазного двухполупериодного мостового инвертора, ведомого сетью	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сформулируйте определение инвертора.</li> <li>2. Перечислите основные виды автономных инверторов. Дайте краткую характеристику.</li> <li>3. Приведите основные схемы автономных инверторов.</li> <li>4. Опишите принцип действия однофазного автономного инвертора с нулевым выводом трансформатора. Приведите схему, диаграммы работы</li> </ol>
КМ6	Лабораторная работа №6 Исследование мостового широтно-импульсного преобразователя с симметричным законом управления"	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сформулируйте определение широтно-импульсного преобразователя (ШИП).</li> <li>2. Приведите классификацию широтно-импульсных преобразователей (ШИП).</li> <li>3. Опишите принцип действия тиристорного широтно-импульсного преобразователя (ШИП) с параллельной емкостной коммутацией. Приведите схему, диаграммы работы. Назначение устройства принудительной коммутации.</li> <li>4. Опишите принцип действия тиристорного широтно-импульсного преобразователя (ШИП) с последовательной емкостной коммутацией.</li> </ol>



КМ7	Экзамен	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1	<p>Теоретические вопросы к экзамену:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Силовые диоды. Классификация, основные характеристики и параметры.</li> <li>2. Тиристоры. Классификация, основные характеристики и параметры. Полностью управляемые тиристоры.</li> <li>3. Силовые транзисторы. Классификация, основные характеристики и параметры. IGBT – транзисторы.</li> <li>4. Неуправляемые выпрямители. Назначение, классификация, функциональная схема.</li> <li>5. Однофазные неуправляемые выпрямители. Схемы, диаграммы работы и основные характеристики.</li> <li>6. Трехфазные неуправляемые выпрямители. Схемы, диаграммы работы и основные характеристики.</li> <li>7. Трехфазный нулевой управляемый выпрямитель. Схемы, режимы работы, временные диаграммы и основные характеристики.</li> <li>8. Трехфазный мостовой управляемый выпрямитель. Схемы, режимы работы, временные диаграммы и основные характеристики.</li> <li>9. Явление коммутации в управляемых выпрямителях.</li> <li>10. Внешние характеристики управляемых выпрямителей.</li> <li>11. Работа выпрямителя на противо-ЭДС. Временные диаграммы и основные режимы.</li> <li>12. Регулировочные характеристики выпрямителей при работе на противо-ЭДС.</li> <li>13. Энергетические характеристики управляемых выпрямителей. КПД, коэффициент мощности, гармонический состав выпрямленного напряжение.</li> <li>14. Применение запираемых тиристоров для увеличения коэффициента мощности.</li> <li>15. Принцип работы инвертора ведомого сетью.</li> <li>16. Регулировочные и внешние характеристики инвертора ведомого сетью.</li> <li>17. Коммутация в инверторах.</li> <li>18. Влияние режима прерывистых токов на внешние характеристики инвертора ведомого сетью.</li> <li>19. Схемы включения реверсивных тиристорных преобразователей.</li> <li>20. Принцип совместного управления группами тиристоров. Внешние характеристики при совместном управлении. Достоинства и недостатки.</li> <li>21. Принцип раздельного управления группами тиристоров. Внешние характеристики при раздельном управлении. Достоинства и недостатки.</li> <li>22. Системы управления тиристорными преобразователями. Классификация, основные требования.</li> <li>23. Многоканальные синхронные СИФУ. Принцип работы. Основные достоинства и недостатки.</li> <li>24. Одноканальные синхронные СИФУ. Принцип работы. Основные достоинства и недостатки.</li> <li>25. СИФУ тиристорного преобразователя с раздельным управлением. Принцип работы логического переключающего устройства и переключателя характеристик. Согласование характеристик.</li> <li>26. Понижающий преобразователь постоянного напряжения. Диаграммы работы и основные характеристики.</li> <li>27. Повышающий преобразователь постоянного напряжения. Диаграммы работы и основные характеристики.</li> <li>28. Инвертирующий преобразователь постоянного напряжения. Диаграммы работы и основные характеристики.</li> <li>29. Корректор коэффициента мощности на базе повышающего преобразователя постоянно-го напряжения.</li> <li>30. Нереверсивный преобразователь с возможностью рекуперации энергии. Диаграммы работы и основные характеристики.</li> <li>31. Реверсивный преобразователь постоянного напряжения. Симметричное управление. Диаграммы работы и основные характеристики.</li> <li>32. Реверсивный преобразователь постоянного напряжения. Несимметричное управление. Диаграммы работы и основные</li> </ol>
-----	---------	-------------------------	--

			<p>характеристики.</p> <p>33. Автономные инверторы. Назначение и классификация.</p> <p>34. Однофазный автономный инвертор напряжения на транзисторах.</p> <p>35. Трёхфазный автономный инвертор напряжения на транзисторах. Схема, принцип управления, диаграмма напряжений.</p> <p>36. Регулирование величины и формы напряжения в однофазных инверторах. Принцип широтно-импульсной модуляции.</p> <p>37. Регулирование величины и формы напряжения в трёхфазных инверторах – формирование напряжений относительно средней точки источника питания.</p> <p>38. Регулирование величины и формы напряжения в трёхфазных инверторах – формирование напряжений с помощью пространственного вектора.</p> <p>39. Регулирование величины и формы напряжения в трёхфазных инверторах – формирование фазных токов.</p> <p>40. Преобразователи частоты. Преобразователи со звеном постоянного тока (двухзвенные преобразователи частоты).</p> <p>41. Преобразователи частоты. Преобразователи с непосредственной связью.</p> <p>Практические задания к экзамену (общие формулировки):</p> <p>1. Рассчитать токи во всех ветвях схемы при <math>V_1 = 3 \text{ В}</math>, <math>V_2 = 1 \text{ В}</math>, <math>R_1 = 2 \text{ кОм}</math>, <math>R_2 = 1 \text{ кОм}</math>, <math>R_3 = 1 \text{ кОм}</math>. Падением напряжения на диоде пренебречь.</p> <p>2. Рассчитать токи во всех ветвях схемы при <math>V_1 = 7 \text{ В}</math>, <math>V_2 = 12 \text{ В}</math>, <math>R_1 = 1,5 \text{ кОм}</math>, <math>R_2 = 1 \text{ кОм}</math>, <math>R_3 = 4 \text{ кОм}</math>. Падением напряжения на диоде пренебречь.</p> <p>3. Построить график изменения тока, протекающего через резистор <math>R_1 = 50 \text{ Ом}</math> при изменении напряжения <math>V_1</math> по синусоидальному закону с амплитудой <math>10 \text{ В}</math> и частотой <math>50 \text{ Гц}</math>. Найти среднее значение напряжения на резисторе за период, вычислить коэффициент пульсации. Падением напряжения на диоде пренебречь.</p>
<b>5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)</b>			
Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Лабораторная работа №1 Исследование однофазного неуправляемого выпрямителя	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. В чем особенность работы однофазного мостового выпрямителя на активно-индуктивную нагрузку?</li> <li>2. Какие бывают схемы однофазного выпрямления? Дайте сравнительные характеристики.</li> <li>3. С помощью каких параметров производится выбор диодов для схем выпрямления?</li> <li>4. Проведите анализ нагрузочной характеристики выпрямителя.</li> <li>5. Проведите анализ энергетических характеристик выпрямителя.</li> <li>6. Чем определяется наклон внешней характеристики выпрямителя?</li> <li>7. Чему равно напряжение холостого хода однополупериодного выпрямителя без фильтра, с емкостным фильтром и с индуктивным фильтром?</li> </ol>
P2	Лабораторная работа №2 Исследование трехфазного двухполупериодного мостового выпрямителя	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Назовите основные трёхфазные схемы выпрямления</li> <li>2. Назовите основные величины, используемые при описании работы выпрямителей</li> <li>3. По каким признакам классифицируются выпрямители?</li> <li>4. Как изменяется соотношение между приведенным индуктивным сопротивлением рассеивания трансформатора и приведенным активным сопротивлением обмоток при изменении мощности трансформатора?</li> <li>5. Какова частота пульсации в изучаемых схемах?</li> <li>6. Что такое непрерывный режим?</li> <li>7. Что такое внешняя характеристика? От каких параметров зависит ее положение в непрерывном режиме?</li> <li>8. Что такое регулировочная характеристика, от каких параметров зависит ее положение в непрерывном режиме?</li> <li>9. Сравнить трёхфазную нулевую и трехфазную мостовую схемы по основным показателям.</li> </ol>

P3	Лабораторная работа №3 Исследование однофазного управляемого мостового выпрямителя	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1	1. Какие устройства называются выпрямителями и для чего они предназначаются? 2. Назовите условия, необходимые для включения и выключения диодов и тиристоров. 3. Объясните принцип работы однофазного выпрямителя при активной и активно-индуктивной нагрузке. 4. Поясните влияние угла управления на выпрямленное напряжение. 5. Проанализируйте влияние характера нагрузки и угла управления на форму тока, потребляемого выпрямителем от источника. 6. Поясните внешнюю (нагрузочную) и энергетические характеристики выпрямителя.
P4	Лабораторная работа №4 Исследование трехфазного управляемого мостового выпрямителя	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1	1. Назовите режимы работы выпрямителя 2. Что такое внешняя характеристика? 3. Как снимаются при выполнении работы внешние характеристики при различных видах нагрузки? 4. От чего зависит вид внешней характеристики? 5. Что такое граничный ток и граничный угол? 6. От чего зависит граничный ток и граничный угол? 7. Как определить экспериментально граничный ток и граничный угол? 8. Можно ли снять регулировочную характеристику на холостом ходу?
P5	Лабораторная работа №5 Исследование трехфазного двухполупериодного мостового инвертора, ведомого сетью	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1	1. В чем отличие ведомого и автономного инвертора? 2. Чем отличается автономный инвертор напряжения от автономного инвертора тока? 3. Зачем в инверторах напряжению включаются обратные диоды? 4. Зачем на входе АИН стоит конденсатор? 5. Как изменить частоту выходного напряжения автономного инвертора? 6. Что зависит от несущей частоты? 7. Показать контуры протекания тока в трёхфазном АИН. 8. Как регулируется форма и величина напряжения в АИН? 9. Какие автономные инверторы наиболее перспективны в электроприводе в настоящее время?
P6	Лабораторная работа №6 Исследование мостового широтно-импульсного преобразователя с симметричным законом управления	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1	1. Дайте сравнительную характеристику симметричному, несимметричному и поочередному способам управления ШИП. 2. Выполните анализ энергетических характеристик ШИП. 3. Выполните анализ регулировочной характеристики. 4. Объясните принцип работы системы управления ШИП. 5. Из каких элементов состоит ШИП? 6. Поясните полученные формы тока и напряжения, полученные с помощью осциллографа.
P7	Курсовой проект по теме «Проектирование реверсивного двухзвенного преобразователя частоты для питания асинхронного электродвигателя»	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1	Курсовой проект включает в себя разработку следующих разделов: 1. Расчет и выбор основного силового электрооборудования 2. Расчет и построение основных характеристик преобразователя частоты 3. Выбор основных компонентов защиты преобразователя частоты и полупроводниковых модулей

**5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

Национальный исследовательский технологический университет

«Московский институт стали и сплавов»

Новотроицкий филиал

Кафедра ЭиЭ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №0

По дисциплине "Силовая электроника"

Направление 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

1. Силовые диоды. Классификация, основные характеристики и параметры.

2. Принцип раздельного управления группами тиристоров. Внешние характеристики при раздельном управлении.

Достоинства и недостатки.

3. Рассчитать токи во всех ветвях схемы при  $V_1 = 3 \text{ В}$ ,  $V_2 = 1 \text{ В}$ ,  $R_1 = 2 \text{ кОм}$ ,  $R_2 = 1 \text{ кОм}$ ,  $R_3 = 1 \text{ кОм}$ . Падением напряжения на диоде пренебречь.

Дистанционно экзамен может проводиться в LMS Canvas. Экзаменационный тест содержит 30 заданий. На решение отводится 30 минут. Разрешенные попытки - одна.

Образец заданий для экзамена, проводимого дистанционно в LMS Canvas (ПК-2):

1. Твердое тело принято считать полупроводником, если разность энергий между нижним уровнем зоны проводимости и верхним уровнем валентной зоны:

- Равна 3;
- Меньше 3;
- Больше 3.

2. Незанятое электроном энергетическое состояние в валентной зоне, обладающее положительным зарядом, называется:

- Полем;
- Дыркой;
- Ионом.

3. В результате перемещения электронов проводимости образуется

- Дырочная проводимость
- Переменная проводимость
- Электронная проводимость

4. Как зависит ток термоэлектронной эмиссии от температуры нагрева катода и работы выхода?

- Увеличивается;
- Уменьшается;
- Не изменяется.

5. В результате перемещения дырок проводимости образуется:

- Дырочная проводимость;
- Переменная проводимость;
- Электронная проводимость.

6. Если в четырехвалентный германий добавить пятивалентный мышьяк, то такая примесь будет называться:

- Акцепторной;
- Примесной;
- Донорной.

7. Введение в полупроводник атомов соответствующей примеси способствует

- Повышению электропроводности;
- Понижению электропроводности;
- Электропроводность не изменяется.

8. Электрический переход между двумя областями полупроводника, одна из которых имеет электропроводность p-типа, а другая n-типа называется...

- Электронный переход;
- p-n переход;
- Полупроводниковый переход.

9. Можно ли получить p-n переход простым соприкосновением разных полупроводниковых тел?

- Нет;
- Да;
- Иногда.

10. Диод, предназначенный для преобразования переменного тока в постоянный называется...

- Плоскостный диод;
- Выпрямительный диод;
- Туннельный диод.

11. Один p-n-переход и 2 омических контакта

- Полупроводниковый диод;
- Выпрямительный диод;
- Плоскостный диод.

12. Полупроводниковые диоды, работающие в режиме электрического пробоя:

- Импульсный диод;
- Стабилитрон;
- Точечный диод;

13. Плоский электрический переход, линейные размеры которого, определяющие его площадь, значительно больше ширины р-п-перехода:
- Плоскостный диод;
  - Стабилитрон;
  - Точечный диод.
14. Полупроводниковый прибор с двумя переходами и тремя и более выводами называется...
- Диод;
  - Триод;
  - Биполярный транзистор.
15. Не существует схемы включения биполярного транзистора.
- С общим эмиттером;
  - С общей базой;
  - С общим калибратором.
16. Выход электронов за пределы поверхности вещества под действием излучения называется...
- Внешний фотоэффект;
  - Внутренний фотоэффект;
  - Принудительный фотоэффект;
17. При каких условиях усилитель превращается в автогенератор:
- При положительной обратной связи;
  - При отрицательной обратной связи;
  - При обратной связи равной 1.
18. В каких единицах измеряются основные параметры усилителей?
- В вольтах;
  - В амперах;
  - В децибелах.
19. Электронное устройство, с помощью которого осуществляется преобразование энергии постоянного тока в энергию переменного тока различной формы называется:
- Усилителем постоянного тока;
  - Выпрямителем переменного тока;
  - Генератором электрических колебаний;
20. Режим работы биполярного транзистора, при котором оба р – n перехода смещены в обратном направлении, при этом через транзистор протекают сравнительно небольшие токи, называется
- режим насыщения;
  - режим отсечки;
  - активный режим;
  - инверсный режим.
21. Режим работы биполярного транзистора, при котором оба р – n перехода смещены в прямом направлении, при этом через транзистор протекают сравнительно большие токи, называется
- режим насыщения;
  - режим отсечки;
  - активный режим;
  - инверсный режим.
22. Дайте расшифровку ПФП
- полный факторный план;
  - предшествующий факторный план;
  - полный факторный прототип;
  - первый факторный план.
23. Режим работы биполярного транзистора, при котором один из р – n переходов смещен в прямом направлении, а другой в обратном, называется
- режим насыщения;
  - режим отсечки;
  - активный режим;
  - инверсный режим.
24. Какие режимы работы биполярного транзистора характерны для импульсной работы?
- Биполярный транзистор не работает в импульсном режиме;
  - Активный режим и режим отсечки;
  - Режим насыщения и активный режим;
  - Режим отсечки и режим насыщения.

25. Какой режим работы биполярного транзистора позволяет выполнять эффективное управление, причем транзистор может выполнять функции активного элемента схемы?

- режим насыщения;
- режим отсечки;
- активный режим;
- инверсный режим.

26. При увеличении отрицательного напряжения коллекторный переход расширяется и соответственно уменьшается ширина базы. Это явление носит название

- эффекта Эрли;
- эффекта расширения базы;
- эффекта модуляции коллектора;
- эффекта Шокли.

27. Физический смысл, какого  $h$ -параметра соответствует коэффициенту обратной связи по напряжению?

- $h_{11}$ ;
- $h_{22}$ ;
- $h_{12}$ ;
- $h_{21}$ .

28. Физический смысл, какого  $h$ -параметра соответствует входному сопротивлению при коротком замыкании на выходе?

- $h_{11}$ ;
- $h_{22}$ ;
- $h_{12}$ ;
- $h_{21}$ .

29. Физический смысл, какого  $h$ -параметра соответствует коэффициенту передачи тока при коротком замыкании на выходе?

- $h_{11}$ ;
- $h_{22}$ ;
- $h_{12}$ ;
- $h_{21}$ .

30. Физический смысл, какого  $h$ -параметра соответствует выходной проводимости при холостом ходе на базе?

- $h_{11}$ ;
- $h_{22}$ ;
- $h_{12}$ ;
- $h_{21}$ .

**5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)**

Оценка результатов защиты курсового проекта осуществляется по бальной системе («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»). Курсовая работа считается выполненной успешно, если при её оценивании получена оценка не ниже «удовлетворительно».

При поведении защиты в форме устного опроса критериями оценки являются

«Отлично»: Работа содержит грамотно изложенную расчетную базу, характеризуется отсутствием ошибок в расчетах, логичным и последовательным изложением материала в пояснительной части. При защите работы студент показывает глубокие знания вопросов темы; свободно оперирует расчетными данными; легко отвечает на поставленные вопросы.

«Хорошо»: Работа содержит грамотно изложенную расчетную базу, характеризуется отсутствием ошибок в расчетах, логичным и последовательным изложением материала в пояснительной части. При защите работы студент показывает знания вопросов темы; без особых затруднений отвечает на поставленные вопросы.

«Удовлетворительно»: Работа содержит расчетную базу, характеризуется наличием отдельных ошибок в расчетах. При защите студент проявляет неуверенность, показывает слабое знание вопросов темы, не дает полного, аргументированного ответа на заданные вопросы.

«Неудовлетворительно»: Работа не содержит расчетную базу, не отвечает требованиям, изложенным в методических указаниях, имеет значительные ошибки в расчетах. При защите студент затрудняется отвечать на поставленные вопросы по теме, не знает теории вопроса, при ответе допускает существенные ошибки.

Оценка результатов экзамена осуществляется по бальной системе («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»). Экзамен считается пройденным успешно, если при его проведении получена оценка не ниже «удовлетворительно».

При поведении экзамена в письменной форме критериями оценки являются

«Отлично»: Оба вопроса билета изложены полно (в рамках программы курса или лекционного курса) и точно. Способность самостоятельно мыслить, ясно и последовательно излагать содержание ответа, умение обобщать материал, делать выводы. Правильные ответы на дополнительные (проверочные) вопросы в рамках билета. Подробное изложение основных положений ответа в Листе устного опроса.

«Хорошо»: Оба вопроса или один из них в целом раскрыты, но изложены недостаточно полно (не менее, чем на 80 – 90 %), либо в ответе содержатся неточности (в именах, хронологии, в названии тер-мина при понимании его сути и т.д.). Наличие достаточно подробных записей в Листе устного опроса.

«Удовлетворительно»: Изложение каждого вопроса в не менее, чем на 60 %, грубые ошибки в периодизациях, классификациях, трактовке основных понятий и т.д. Незнание одного из вопросов может быть компенсировано другим вопросом (на усмотрение преподавателя) при соответствующей записи в Листе устного опроса. Непоследовательное изложение материала, неумение делать выводы.

«Неудовлетворительно»: Отсутствие записей в Листе устного опроса, отказ от ответа, подмена одного вопроса другим, наличие шпаргалки. Изложение вопросов менее, чем на 60 %. Незнание основных понятий и положений темы. Неспособность связно изложить материал.

При поведении экзамена в форме компьютерного тестирования критериями оценки являются:

«Отлично»: Получение более 90 % баллов по тесту при выполнении теста за регламентированное время

«Хорошо»: Получение от 75 до 90 % баллов по тесту при выполнении теста за регламентированное время

«Удовлетворительно»: Получение от 50 до 75 % баллов по тесту при выполнении теста за регламентированное

**6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ****6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год, эл. адрес
Л1.1	Г.С. Зиновьев	Силовая электроника: Учебное пособие для бакалавров		М.: Юрайт, 2012,
Л1.2	Денисенко Д.Ю	Основы силовой преобразовательной техники : учебное пособие		Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2016, <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=493025">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=493025</a>

**6.1.2. Дополнительная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год, эл. адрес
Л2.1	С.Р.Резинский и др.	Силовые полупроводниковые преобразователи в металлургии: справочник		М.: Металлургия, 1976,
Л2.2	Паршин А.М.	Источники питания электротехнологических установок : учебное пособие		Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2015, <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=435721">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=435721</a>

**6.1.3. Методические разработки**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год, эл. адрес
ЛЗ.1		Преобразовательная техника: Методические указания к проведению лабораторных работ		Челябинск: Учтех-Профи, 2013, <a href="https://lms.misis.ru">https://lms.misis.ru</a>
ЛЗ.2	Косматов В.И.	Проектирование реверсивного тиристорного преобразователя: Методические указания по выполнению курсовой работы		Новотроицк: НФ НИТУ "МИСиС", 2012, <a href="https://lms.misis.ru">https://lms.misis.ru</a>

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Силовая электроника	<a href="https://lms.misis.ru">https://lms.misis.ru</a>
Э2	Российская научная электронная библиотека	<a href="http://www.elibrary.ru">www.elibrary.ru</a>
Э3	НФ НИТУ МИСиС	<a href="http://www.nf.misis.ru">www.nf.misis.ru</a>
Э4	КиберЛеника	<a href="https://cyberleninka.ru/">https://cyberleninka.ru/</a>

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Mathcad 14.0 University Classroom Perpetual
П.2	Micro-Cap 10 Evaluation
П.3	Microsoft Teams
П.4	Zoom
П.5	MATLAB & Simulink

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	<a href="https://online-electric.ru/">https://online-electric.ru/</a> - Онлайн-Электрик
И.2	<a href="https://new.fips.ru/">https://new.fips.ru/</a> - Федеральный институт промышленной собственности
И.3	<a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a> - Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»
И.4	<a href="http://electricalschool.info/electronica/994-analogovaja-i-cifrovaja-jelektronika.html">http://electricalschool.info/electronica/994-analogovaja-i-cifrovaja-jelektronika.html</a> - Школа для электриков

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
101	Учебная лаборатория электротехники и электропривода	Комплект учебной мебели на 24 места для обучающихся, комплекты лабораторного оборудования для исследования и наладки электрических цепей, комплект учебного оборудования для изучения электрических приводов, лабораторные стенды для изучения основ автоматизации производства, программирования промышленных контроллеров и управления технологическими объектами, лабораторные стенды для изучения программирования микроконтроллеров ПМ-ЛМ, лабораторные стенды "Автоматика на основе программируемого контроллера Siemens S7, лабораторные стенды для изучения основ цифровой техники "Основы цифровой техники", лабораторные стенды для изучения силовой электроники и преобразователь техники "Преобразователь техники", осциллограф FLK-123/001, осциллограф GOS-620 FG, типовой комплект учебного оборудования "Программирование микроконтроллеров "ПМ-ЛМ на 4 рабочих мест, тормозвоздушная паяльная станция lukey-852d+.
139	Учебная лаборатория (компьютерный класс) Кабинет курсового и дипломного проектирования, самостоятельной работы обучающихся	Комплект учебной мебели на 24 места для обучающихся, 12 стационарных компьютеров для обучающихся, 1 стационарный компьютер для преподавателя (все с выходом в интернет), проектор, экран настенный, коммутатор, доска аудиторная меловая, веб камера Logitech, колонки, доступ к ЭИОС Университета МИСиС через личный кабинет на платформе LMS Canvas и Moodle, лицензионные программы MS Office, MS Teams, антивирус Dr.Web.

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ



В процессе изучения дисциплины выделяют два вида самостоятельной работы: - аудиторная; - внеаудиторная. Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под руководством преподавателя. Внеаудиторная самостоятельная работа - планируемая учебная работа обучающимся, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа, не предусмотренная программой учебной дисциплины, раскрывающей и конкретизирующей ее содержание, осуществляется обучающимся инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов. Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует источники для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные обучающимися работы и т. п. Виды заданий для внеаудиторной самостоятельной работы, их содержание и характер могут иметь вариативный и дифференцированный характер, учитывать индивидуальные особенности обучающегося. Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов online (работа в электронной информационно-образовательной среде НИТУ «МИСиС» (ЭИОС), частью которой непосредственно предназначена для осуществления образовательного процесса является Электронный образовательный ресурс LMS Canvas.) и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности. Возможно проведение синхронной работы со студентами с использованием Microsoft Teams или Zoom. Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине на практических, лабораторных занятиях.