



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЭиАС  
В.Р. Храмшин

10.02.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА***

Направление подготовки (специальность)  
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль/специализация) программы  
Электропривод и автоматика

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
заочная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Автоматизированного электропривода и мехатроники
Курс	3

Магнитогорск  
2023 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 144)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и мехатроники

17.01.2023, протокол № 5

Зав. кафедрой

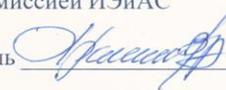


А.А. Николаев

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС

10.02.2023 г. протокол № 7

Председатель



В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:

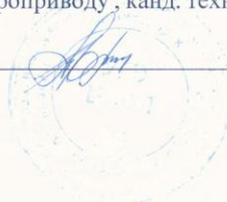
профессор кафедры АЭПиМ, д-р техн. наук



А.С. Сарваров

Рецензент:

зам. начальника ЦЭТЛ ПАО «ММК» по электроприводу, канд. техн. Наук



А.Ю. Юдин

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.А. Николаев

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и мехатроники

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.А. Николаев

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и мехатроники

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.А. Николаев

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и мехатроники

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.А. Николаев

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и мехатроники

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.А. Николаев

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

Целью освоения дисциплины является формирование у студентов теоретической базы по классификации, функциональному предназначению и принципу действия силовых электронных преобразователей электрической энергии постоянного и переменного тока, их схем, основных соотношений, режимов работы и характеристик, методик расчета и проектирования, технико-экономических показателей и областей применения

### **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Силовая электроника входит в часть учебного плана, формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Алгебра логики и основы дискретной техники

Теоретические основы электротехники

Информатика

Введение в направление

Электрические машины

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Теория электропривода

Автоматизированный электропривод

Курсовой проект

Проектирование электротехнических устройств

Системы управления электроприводов

Автоматизированный электропривод в современных технологиях (в металлургии)

Теория автоматического управления

Электрические и электронные аппараты

Наладка автоматизированных электроприводов

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

### **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Силовая электроника» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-3	Способность собирать, обрабатывать и анализировать данные об оборудовании, для которого предназначена система электропривода
ПК-3.1	Осуществляет мероприятия по сбору, обработке и анализу данных об оборудовании, для которого предназначена система электропривода

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 13,9 акад. часов;
- аудиторная – 10 акад. часов;
- внеаудиторная – 3,9 акад. часов;
- самостоятельная работа – 121,4 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 8,7 акад. час

Форма аттестации - курсовая работа, экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1 Общие сведения и классификация силовых электронных устройств. Роль и место силовых электронных преобразователей в системах автоматизированного электропривода. Принцип действия и характеристики силовых ключей								
1.1 Принцип действия и характеристики силовых ключей	3	1			6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос, тестирование, выполнение индивидуального задания	ПК-3 ПК-3.1
Итого по разделу		1			6			
2 Выпрямители на диодах и тиристорах								
2.1 Принцип работы, основные соотношения и волновые диаграммы основных схем выпрямления (однофазные однополупериодная и мостовая схемы; трехфазная нулевая и мостовая схемы) при работе на активную нагрузку	3				6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос, тестирование, выполнение индивидуального задания	ПК-3 ПК-3.1
2.2 Исследование однофазной мостовой схемы выпрямления					6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос, тестирование, выполнение индивидуального задания	ПК-3 ПК-3.1

2.3 Волновые диаграммы в трехфазной мостовой схеме выпрямления при работе на активно-индуктивную, емкостную нагрузку и при работе на противо-э.д.с. Основные соотношения, регулировочные характеристики				8	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос, тестирование, выполнение индивидуального задания	ПК-3 ПК-3.1
2.4 Исследование управляемого выпрямителя по трехфазной мостовой схеме выпрямления при работе на активно-индуктивную, емкостную нагрузки и на противо-э.д.с.				10	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос, тестирование, выполнение индивидуального задания	ПК-3 ПК-3.1
2.5 Режим коммутации и инверторный режим в схемах выпрямления				6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос, тестирование, выполнение индивидуального задания	ПК-3 ПК-3.1
2.6 Исследование трехфазной мостовой схемы выпрямления в инверторном режиме				5	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос, тестирование, выполнение индивидуального задания	ПК-3 ПК-3.1
2.7 Гармонический состав выпрямленного напряжения и первичных токов. К.п.д. и коэффициент мощности. Двенадцати- и восемнадцати-пульсные схемы выпрямления: принцип работы, основные соотношения и волновые диаграммы. Способы улучшения показателей управляемых выпрямителей				8	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос, тестирование, выполнение индивидуального задания	ПК-3 ПК-3.1
2.8 Реверсивные тиристорные преобразователи: основные схемы; совместное и раздельное управление; фазовые и регулировочные характеристики; линейное и нелинейное согласование				6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос, тестирование, выполнение индивидуального задания	ПК-3 ПК-3.1
2.9 Системы импульсно-фазового управления тиристорными преобразователями: принцип построения; фазо-вые характеристики				6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос, тестирование, выполнение индивидуального задания	ПК-3 ПК-3.1
Итого по разделу	1			61			
3 Преобразователи частоты : схемы; принцип работы; основные соотношения; волновые диаграммы							

3.1 Преобразователи частоты на основе циклоконверторов . Матричные преобразователи частоты.	3				6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос, тестирование, выполнение индивидуального задания	ПК-3 ПК-3.1
3.2 Автономные инверторы напряжения с амплитудно-импульсной модуляцией (АИМ): схема; принцип работы; основные соотношения и диаграммы; система			2		6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос, тестирование, выполнение индивидуального задания	ПК-3 ПК-3.1
3.3 Автономные инверторы напряжения с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ): схема; принцип работы; основные соотношения и диаграммы; система			2	3	7	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос, тестирование, выполнение индивидуального задания	ПК-3 ПК-3.1
3.4 Автономные инверторы тока с амплитудно-импульсной модуляцией (АИТ): схема; принцип работы; основные соотношения и диаграммы; система					8	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос, тестирование, выполнение индивидуального задания	ПК-3 ПК-3.1
3.5 Способы рекуперации энергии из звена постоянного тока. Активные выпрямители.			2		6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	устный опрос, тестирование, выполнение индивидуального задания	ПК-3 ПК-3.1
Итого по разделу		1	6		33			
4. Экзамен								
4.1 Экзамен	3					Подготовка к экзамену	Экзамен	
Итого по разделу								
5. Курсовая Работа								
5.1 Выполнение курсовой работы	3				21,4	Выполнение курсовой работы	Курсовая работа	
Итого по разделу					21,4			
Итого за семестр		4	6		121,4		экзамен,кр	
Итого по дисциплине		4	6		121,4		курсовая работа, экзамен	

## **5 Образовательные технологии**

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Силовая электроника» используются традиционные технологии.

Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу происходит с использованием мультимедийного оборудования. Лекции проходят в традиционной форме, в форме лекций-консультаций и проблемных лекций. Лекционные занятия проводятся с использованием презентационного оборудования (проектор, экран, ноутбук), в качестве наглядных материалов используются схемы силовых цепей различных типов схем выпрямления и преобразователей частоты, систем импульсно-фазового управления, алгоритмов управления преобразователей частоты и диаграммы напряжений и токов в элементах. Теоретический материал на проблемных лекциях является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемного вопроса и поиска путей его решения применяются методы ИТ. На лекциях – консультациях изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы.

Лабораторные занятия представляют собой исследование свойств рассматриваемых электронных схем как с помощью персональных ЭВМ с набором специализированного программного обеспечения для их моделирования, визуализации и программирования, так и лабораторных стендах с оборудованием, обеспечивающих их реализацию.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Семенов, Б. Ю. Силовая электроника: профессиональные решения / Б. Ю. Семенов. - Москва: СОЛОН-Пресс, 2020. - 416 с. - (Компоненты и технологии). - ISBN 978-5-91359-224-8. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1227729> (дата обращения: 25.05.2021). – Режим доступа: по подписке.

2. Онищенко, Г. Б. Силовая электроника. Силовые полупроводниковые преобразователи для электропривода и электроснабжения: учебное пособие / Г. Б. Онищенко, О. М. Соснин. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 122 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-011120-9. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1044516> (дата обращения: 25.05.2021). – Режим доступа: по подписке.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Негадаев, В. А. Силовая электроника: учебное пособие / В. А. Негадаев. — Кемерово: КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2020. — 126 с. — ISBN 978-5-00137-161-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/145145> (дата обращения: 25.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Ладенко, Н. В. Выпрямительные устройства в силовой электронике: учебное пособие / Н. В. Ладенко. - Москва: Вологла : Инфра-Инженерия, 2019. - 168 с.: ил., табл. - ISBN 978-5-9729-0382-5. - Текст: электронный. - URL:

<https://znanium.com/catalog/product/1167701> (дата обращения: 25.05.2021). – Режим доступа: по подписке.

**в) Методические указания:**

1. Основы силовой электроники: учебно-методическое пособие / В. И. Попов, Е. Д. Баранов, А. В. Удовиченко [и др.]. — Новосибирск: НГТУ, 2019. — 92 с. — ISBN 978-5-7782-3943-2. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/152214> (дата обращения: 26.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

**г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

**Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
NI MultiSim Education	К-68-08 от 29.05.2008	бессрочно
MathWorks MathLab v.2014 Classroom License	К-89-14 от 08.12.2014	бессрочно
MathCAD v.15 Education University Edition	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно

**Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru">https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Электронная база периодических изданий East View Information	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>

**9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины используются:

Лекционная аудитория:123; мультимедийные средства хранения, передачи и представления учебной информации. Лабораторные занятия проводятся в лаборатории преобразовательной техники (а.027) и в компьютерном классе (а.023).

## Приложение 1 «Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся»

По дисциплине «Силовая электроника» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов на лабораторных занятиях осуществляется под контролем преподавателя по изучению наиболее важных разделов теоретического курса дисциплины и решения задач по проектированию тиристорного преобразователя постоянного тока при выполнении курсовой работы.

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов осуществляется в виде подготовки к лабораторным работам, обработки и анализа полученных результатов, а также знакомства со справочной литературой и методикой расчета и выбора элементов силовой схемы и систем управления преобразователями постоянного и переменного тока.

Контрольные вопросы по проведению самостоятельной работы по разделам

### Раздел 1.

1. Вольт-амперная характеристика силового диода, основные характеристики.
2. Вольт-амперная характеристика тиристора. Основные параметры.
3. Какие параметры характеризуют предельные возможности тиристора? Какими средствами защищают тиристор от нежелательных режимов?
4. Какие требования предъявляются к параметрам управляющего импульса тиристора?
5. Как происходит переходный процесс открытия и закрытия тиристора?
6. Какие разновидности полностью управляемых тиристорных схем существуют (их основные характеристики)?
7. Отличительные особенности IGBT-транзисторов

### Раздел 2.

1. Особенности работы и основные характеристики однофазных неуправляемых схем выпрямления.
2. Особенности работы управляемых однофазных схем выпрямления на разные типы нагрузок и их характеристики.
3. Трёхфазные схемы неуправляемых выпрямителей. Основные характеристики и режимы работы.
4. Трёхфазные управляемые выпрямители. Характеристики и режимы работы при разном характере нагрузки ( $R$ ,  $RL$ ,  $RC$ , противоэдс).
5. Регулировочные характеристики управляемых выпрямителей при различных нагрузках.
6. Коммутация тока в управляемых выпрямителях, его влияние на внешние характеристики и сеть.
7. Причины возникновения режима прерывистых токов при работе управляемых выпрямителей на противо ЭДС.
8. На какие показатели по системе ТП-Д влияет режим прерывистых токов? .
9. Инверторный режим работы управляемых выпрямителей.
10. Как получается реверсивный тиристорный выпрямитель? Согласование законов управления углом управления тиристорных вентильных групп.
11. Назначение основных функциональных блоков системы импульсно-фазового управления (СИФУ).
12. В чем состоит вертикальный принцип фазосмещения управляющих импульсов? .
13. На какие показатели выпрямителя влияет тип опорного напряжения СИФУ (пилообразное, синусоидальное)?
14. Какие требования и почему предъявляются к СИФУ?

15. Как управляется реверсивный преобразователь с отдельным управлением вентиляционными группами?
16. В чем состоит суть отдельного управления вентиляционными группами реверсивного тиристорного преобразователя?
17. От чего зависит амплитуда выпрямленного напряжения?
18. Характер тока потребляемого управляемым выпрямителем из сети и способы улучшения его формы.
19. От чего зависит К.П.Д. управляемого выпрямителя?
20. Коэффициент мощности управляемого выпрямителя и способы его улучшения.
21. Основные защиты тиристорных выпрямителей.
22. Способ улучшения и показатели 12-типульсной эквивалентной схемы выпрямления.
23. Особенности реализации моделей преобразователей постоянного тока в среде Matlab\_Simulink.
24. Принципы выбора параметров выходных фильтров тиристорных выпрямителей.
25. Способы повышения коэффициента мощности тиристорных выпрямителей на основе пассивных и активных элементов.

#### Раздел 3.

1. Принцип действия непосредственных преобразователей частоты.
2. Достоинства и недостатки преобразователей частоты с непосредственными связями

#### Раздел 4.

1. Классификация преобразователей частоты. Автономный инвертор напряжения с амплитудной модуляцией, принцип действия, достоинства и недостатки.
2. Суть регулирования напряжения методом широтно-импульсной модуляции.
3. Реализация однофазного инвертора напряжения с ШИМ на основе IGBT транзисторов.
4. Как реализуется 3-х фазный инвертор напряжения с ШИМ на основе IGBT транзисторов?
5. Как обеспечивается тормозной режим двигателя переменного тока при питании от автономного инвертора напряжения?
6. Способы снижения амплитуды переменной составляющей выходного напряжения преобразователей частоты на основе ШИМ.
7. В чем проявляется влияние входных фильтров преобразователей частоты?
8. Какие фильтры и для чего применяются на выходе преобразователей частоты, их параметры?
9. Какие способы рекуперации энергии применяются в преобразователях на основе автономных инверторов напряжения?
10. Какие меры должны быть приняты перед включением в сеть преобразователя частоты на основе автономных инверторов напряжения?
11. В чем состоит принцип действия активного выпрямителя (блоков AFE)?
12. Принцип действия преобразователя частоты на основе автономного инвертора тока.
13. Реализация режима рекуперации в преобразователе частоты на основе АИТ.
14. Особенности реализации моделей преобразователей частоты в среде Matlab\_Simulink.

### **Содержание курсовой работы**

Учебным планом специальности предусмотрено выполнение курсовой работы, в которой студент разрабатывает ряд основных вопросов по силовой схеме тиристорного преобразователя, предназначенного для работы на якорь электродвигателя постоянного тока. При этом решаются задачи по выбору номинальных величин напряжения, тока

преобразователя, схемы и расчёту силового блока преобразователя, силового трансформатора, сглаживающего дросселя. Прорабатываются вопросы выбора системы импульсно–фазового управления (СИФУ), рассчитываются основные характеристики преобразователя, выбираются элементы защит, анализируются аварийные режимы.

Каждый студент получает индивидуальное задание на выполнение курсовой работы, поэтому каждая работа будет иметь свои специфические особенности. Однако круг вопросов, подлежащий разработке, является типовым для всех работ. Это:

1. Технические данные нагрузки.
2. Проектирование тиристорного преобразователя.
  - 2.1. Выбор схемы тиристорного преобразователя.
  - 2.2. Выбор тиристорov, расчёт силового модуля.
  - 2.3. Расчёт мощности и выбор силового трансформатора.
  - 2.4. Выбор СИФУ.
  - 2.5. Характеристики СИФУ.
  - 2.6. Характеристики тиристорного преобразователя.
  - 2.7. Энергетические характеристики тиристорного преобразователя.
3. Сравнительная характеристика разработанного тиристорного преобразователя и промышленного аналога.

4. Заключение по работе

Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения):

– на оценку **«отлично»** – студент должен показать высокий уровень сформированности компетенций не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

– на оценку **«хорошо»** – студент должен показать средний уровень сформированности компетенций не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;

– на оценку **«удовлетворительно»** – студент должен показать пороговый уровень сформированности компетенций на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;

– на оценку **«неудовлетворительно»** – студент не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

**Приложение 2 «Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации»**

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации.

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства 3.1:
ПК-3: Способность собирать, обрабатывать и анализировать данные об оборудовании, для которого предназначена система электропривода		
ПК 3.1	Осуществляет мероприятия по сбору, обработке и анализу данных об оборудовании, для которого предназначена система	<b>Вопросы для промежуточной аттестации</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вольт-амперная характеристика силового диода, основные характеристики.</li> <li>2. Вольт-амперная характеристика тиристора. Основные параметры.</li> <li>3. Какие параметры характеризуют предельные возможности тиристора? Какими средствами защищают тиристор от нежелательных</li> </ol>

	<p>электропривода</p>	<p>режимов?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>4. Какие требования предъявляются к параметрам управляющего импульса тиристора?</li> <li>5. Как происходит переходный процесс открытия и закрытия тиристора?</li> <li>6. Какие разновидности полностью управляемых тиристоров существуют</li> <li>7. (их основные характеристики).</li> <li>8. Отличительные особенности IGBT-транзисторов</li> <li>9. Особенности работы и основные характеристики однофазных неуправляемых схем выпрямления.</li> <li>10. Особенности работы управляемых однофазных схем выпрямления на разные типы нагрузок и их характеристики.</li> <li>11. Трехфазные схемы неуправляемых выпрямителей. Основные характеристики и режимы работы.</li> <li>12. Трехфазные управляемые выпрямители. Характеристики и режимы работы при разном характере нагрузки ( R, RL, RC, против ЭДС).</li> <li>13. Регулировочные характеристики управляемых выпрямителей при различных нагрузках.</li> <li>14. Коммутация тока в управляемых выпрямителях, его влияние на внешние характеристики и сеть.</li> <li>15. Причины возникновения режима прерывистых токов при работе управляемых выпрямителей на против ЭДС.</li> <li>16. На какие показатели по системе ТП-Д влияет режим прерывистых токов .</li> <li>17. Инверторный режим работы управляемых выпрямителей.</li> <li>18. Как получается реверсивный тиристорный выпрямитель? Согласование законов управления углом управления тиристоров вентильных групп.</li> <li>19. Назначение основных функциональных блоков системы импульсно-фазового управления (СИФУ).</li> <li>20. В чем состоит вертикальный принцип фазосмещения управляющих импульсов.</li> <li>21. На какие показатели выпрямителя влияет тип опорного напряжения СИФУ (пилообразное, синусоидальное)?</li> <li>22. Какие требования и почему предъявляются к СИФУ?</li> <li>23. Как управляется реверсивный преобразователь с отдельным управлением вентильными группами?</li> <li>24. В чем состоит суть отдельного управления</li> </ol>
--	-----------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

		<p>вентильными группами реверсивного тиристорного преобразователя?</p> <p>25. От чего зависит амплитуда выпрямленного напряжения?</p> <p>26. Характер тока потребляемого управляемым выпрямителем из сети и способы улучшения его формы.</p> <p>27. От чего зависит К.П.Д. управляемого выпрямителя?</p> <p>28. Коэффициент мощности управляемого выпрямителя и способы его улучшения.</p> <p>29. Основные защиты тиристорных выпрямителей.</p> <p>30. Способ улучшения и показатели 12-типульсной эквивалентной схемы выпрямления.</p> <p>31. Особенности реализации моделей преобразователей постоянного тока в среде Matlab_Simulink.</p> <p>32. Принципы выбора параметров выходных фильтров тиристорных выпрямителей.</p> <p>33. Способы повышения коэффициента мощности тиристорных выпрямителей на основе пассивных и активных элементов.</p> <p>34. Принцип действия непосредственных преобразователей частоты (НПЧ).</p> <p>35. Какие силовые модули являются базовыми для выполнения схем НПЧ?</p> <p>36. Охарактеризуйте диапазон формирования выходной частоты на базе НПЧ</p> <p>37. Назовите области применения НПЧ</p> <p>38. Достоинства и недостатки преобразователей частоты с непосредственными связями</p> <p>39. Классификация преобразователей частоты. Автономный инвертор напряжения с амплитудной модуляцией, принцип действия, достоинства и недостатки.</p> <p>40. Суть регулирования напряжения методом широтно-импульсной модуляции.</p> <p>41. Реализация однофазного инвертора напряжения с ШИМ на основе IGBT транзисторов.</p> <p>42. Как реализуется 3-х фазный инвертор напряжения с ШИМ на основе IGBT транзисторов.</p> <p>43. Как обеспечивается тормозной режим двигателя переменного тока при питании от автономного инвертора напряжения?</p> <p>44. Способы смещения амплитуды переменной составляющей выходного напряжения преобразователей частоты на основе ШИМ.</p> <p>45. В чем проявляется влияние входных фильтров преобразователей частоты?</p>
--	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

		<p>46. Какие фильтры и для чего применяются на выходе преобразователей частоты, их параметры.</p> <p>47. Какие способы рекуперации энергии применяются в преобразователях на основе автономных инверторов напряжения?</p> <p>48. Какие меры должны быть предприняты перед включением преобразователя частоты на основе автономных инверторов напряжения?</p> <p>49. В чем состоит принцип действия активного выпрямителя (блоков AFE)?</p> <p>50. Принцип действия преобразователя частоты на основе автономного инвертора тока.</p> <p>51. Реализация режима рекуперации в преобразователе частоты на основе АИТ.</p> <p>52. Особенности реализации моделей преобразователей частоты в среде Matlab_Simulink.</p> <p><b>Курсовая работа.</b> Каждый студент получает индивидуальное задание на выполнение курсовой работы, поэтому каждая работа будет иметь свои специфические особенности. Однако круг вопросов, подлежащий разработке, является типовым для всех работ. Это:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Технические данные нагрузки.</li> <li>2. Проектирование тиристорного преобразователя. <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1. Выбор схемы тиристорного преобразователя.</li> <li>2.2. Выбор тиристоров, расчёт силового модуля.</li> <li>2.3. Расчёт мощности и выбор силового трансформатора.</li> <li>2.4. Выбор СИФУ.</li> <li>2.5. Характеристики СИФУ.</li> <li>2.6. Характеристики тиристорного преобразователя.</li> <li>2.7. Энергетические характеристики тиристорного преобразователя.</li> <li>2.8. Защиты преобразователя.</li> </ol> </li> <li>3. Сравнительная характеристика разработанного тиристорного преобразователя и промышленного аналога.</li> <li>4. Заключение по работе.</li> </ol>
--	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Силовая электроника» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена и в форме выполнения и защиты курсовой работы.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

**Показатели и критерии оценивания экзамена:**

- на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
- на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
- на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
- на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.
- на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

Курсовой проект выполняется под руководством преподавателя, в процессе ее написания обучающийся развивает навыки к научной работе, закрепляя и одновременно расширяя знания, полученные при изучении курса «Силовая электроника». При выполнении курсового проекта обучающийся должен показать свое умение работать с нормативным материалом и другими литературными источниками, а также возможность систематизировать и анализировать фактический материал и самостоятельно творчески его осмысливать.

В процессе написания курсового проекта обучающийся должен разобраться в теоретических вопросах избранной темы, самостоятельно проанализировать практический материал, разобрать и обосновать практические предложения.

#### **Показатели и критерии оценивания курсовой работы:**

- на оценку **«отлично»** (5 баллов) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;
- на оценку **«хорошо»** (4 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;
- на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;
- на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – задание преподавателя выполнено частично, в процессе защиты работы обучающийся допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.
- на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – задание преподавателя выполнено частично, обучающийся не может воспроизвести и объяснить содержание, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.

