

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

УТВЕРЖДАЮ:
Первый проректор


(подпись)

« 31 »

03

20 23 года



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.07 Силовые преобразователи автоматизированных
электроприводов**

(код и наименование дисциплины согласно учебному плану)

Направление подготовки:	13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (код и наименование направления подготовки / специальности)
Направленность (профиль):	Электропривод и автоматика (наименование профиля / магистерской программы / специализации)
Программа:	бакалавриат (бакалавриат, магистратура, специалитет)
Форма обучения:	очная, очно-заочная (очная, заочная, очно-заочная)

Форма обучения:	Очная	Очно-заочная
Семестр(ы)	5	6
Общая трудоёмкость в з.е./часах	5/180	5/180
Контактная работа (час.), в том числе:	74	48
лекции (час.)	34	16
лабораторные работы (час.)	34	24
практические (семинарские) занятия (час.)	-	-
Самостоятельная работа (час.), в том числе:	70	96
курсовой проект(работа) (семестр/час.)	5/27	6/27
Контроль (экзамен, час./зачёт)	экзамен, 36	экзамен, 36

Донецк, 2023 г.

Рабочая программа дисциплины «Силовые преобразователи автоматизированных электроприводов» составлена в соответствии с учебным планом по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», направленность (профиль) – «Электропривод и автоматика» для 2023 года приёма по очной и очно-заочной формам обучения.

Составитель:

Доцент кафедры электропривода и автоматизации
промышленных установок, к.т.н., доцент, *В.И.*

(подпись) Мирошник Д.Н.

Рабочая программа **рассмотрена и принята** на заседании кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок».

Протокол от «07» 03 2023 года № 9.

Заведующий кафедрой _____ Розкаряка П.И.
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией
ГОУВПО «ДОННТУ» по направлению подготовки 13.03.02
«Электроэнергетика и электротехника».

Протокол от « 23 » 03 2023 года № 3

Председатель  Ткаченко С.Н.
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20__ года приёма на заседании кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок».

Протокол от « » 20 года №

Заведующий кафедрой _____ (подпись) _____ (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20__ года приёма на заседании кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок».

Протокол от « _____ » _____ 20 ____ года № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20__ года приёма на заседании кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок».

Протокол от « » 20 года №

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20__ года приёма на заседании кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок».

Протокол от « » 20 года №

Заведующий кафедрой _____ (подпись) _____ (Ф.И.О.)

1. ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины: формирование у студентов знаний об общих принципах проектирования и расчета силовых полупроводниковых преобразовательных устройств электроприводов мехатронных модулей транспортных средств, а также специфики использования современной силовой полупроводниковой элементной базы в электромобилях и зарядных станциях.

Задачи дисциплины: изучение принципов построения различных полупроводниковых преобразовательных устройств, ознакомление с принципами их работы, усвоение методов моделирования и анализа преобразователей, получение практических навыков работы с полупроводниковыми преобразовательными устройствами электроприводов мехатронных модулей.

В результате освоения дисциплины студент должен:

- *знать* принципы действия идеализированных полупроводниковых преобразователей электрической энергии; характеристики реальных полупроводниковых преобразователей; особенности работы мощных преобразователей; особенности систем управления полупроводниковыми преобразователями электрической энергии, используемыми в электроприводах мехатронных модулей;

- *уметь* проектировать типовые силовые полупроводниковые преобразовательные устройства и осуществлять их расчет; моделировать работу преобразовательных устройств; параметризовать современные преобразователи.

- *владеть* навыками чтения технических характеристик электронных компонентов и преобразователей, отладки и составления моделей силовых электронных устройств.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- ПК-4, способностью использовать технические средства для измерения основных параметров электроэнергетических и электротехнических объектов и систем и происходящих в них процессов;

- ПК-6, способностью к монтажу, регулировке, испытаниям и сдаче в эксплуатацию электроэнергетического и электротехнического оборудования.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 дисциплин (модулей) учебного плана.

Базируется на знаниях и умениях, которые студент приобрел при освоении предшествующих дисциплин: электроника и микросхемотехника, теоретические основы электротехники, электрические машины.

Знания и умения, приобретенные при освоении данной дисциплины, реализуются студентом изучении дисциплины системы управления электроприводами, а также при выполнении научно-исследовательской работы и прохождении государственной итоговой аттестации, а также в дальнейшей инженерной деятельности.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Распределение учебных часов по темам дисциплины и видам занятий

№ п/п	Наименование тем (содержательных модулей)	Количество часов				
		Всего	В том числе			
			Лекции	Практ. (Семина.)	Лабор.	СРС
1	<i>Введение</i>	5/5	2/-			3/5
2	<i>Физические основы, структуры и принципы работы силовых полупроводниковых приборов.</i>	11/11	2/1		4/2	5/8
3	<i>Структуры, принципы работы, принципиальные схемы и методики расчета выпрямителей с естественной коммутацией для электропривода постоянного тока.</i>	21/21	8/4		8/4	5/13
4	<i>Структуры, принципы работы систем импульсно-фазового управления преобразователей с естественной коммутацией.</i>	13/13	4/2		4/4	5/7
5	<i>Структуры, принципы работы, принципиальные схемы и методики расчета преобразователей с полностью управляемыми ключами для электропривода постоянного тока.</i>	15/15	6/3		4/4	5/8
6	<i>Структуры, принцип работы и расчет элементов схем автономных инверторов напряжения.</i>	13/13	4/2		4/4	5/7
7	<i>Структуры, принцип работы и расчет элементов схем выпрямителей с активным формированием тока и активных выпрямителей.</i>	7/7	2/1			5/6
8	<i>Структуры, принцип работы и расчет элементов схем полупроводниковых преобразователей частоты.</i>	19/17	4/2		10/6	5/9
9	<i>Влияние силовых полупроводниковых преобразователей энергии на сеть. Устройство, принцип работы и расчет элементов схем фильтрокомпенсирующих устройств и активных фильтров.</i>	7/7	2/1			5/6
Курсовая работа		27/27				27/27
Итого по видам занятий		138/136	34/16		34/24	70/96
Индивидуальное задание		0				0
Контактная работа (дополнительная)		6/8				
Контроль		36				
Итого:		180				

Формирование компетенций в результате освоения тем дисциплины

Компетенции	Темы дисциплины, нацеленные на выработку компетенции
ПК-4	Темы 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,8,9
ПК-6	Темы 6-9

3.2. Лекции

Тема 1. **ВВЕДЕНИЕ.**

Содержание темы 1: Дисциплина „Силовые преобразователи автоматизированных электроприводов”. Задачи курса. Взаимосвязь с дисциплинами электроника и микросхемотехника, теоретическими основами электротехника. Понятие о преобразователях в комплексе с электроприводом. Классификация силовых полупроводниковых преобразователей. Основные требования которые предъявляются к ним.

Литература к теме 1: [1-4]

Тема 2. **Физические основы, структуры и принципы работы силовых полупроводниковых приборов.**

Содержание темы 2: Современные полупроводниковые приборы как коммутационный элемент СПП. Силовые диоды, тиристоры, транзисторы, модули. Основные свойства, схемы включения, принципы коммутации и управление, затраты энергии.

Литература к теме 2: [1-4]

Тема 3. **Структуры, принципы работы, принципиальные схемы и методики расчета выпрямителей с естественной коммутацией для электропривода постоянного тока.**

Содержание темы 3: Неуправляемые выпрямители. Структура, схемы, основные соотношения для неуправляемых выпрямителей. Особенности работы на разную нагрузку. Составленные схемы выпрямления.

Управляемые выпрямители (УВ). Особенности работы УВ на разную нагрузку, процессы коммутации. Регулировочная и внешняя характеристики.

Ведомый инвертор. Основные показатели.

Реверсивные тиристорные преобразователи постоянного напряжения.

Совместное и раздельное управление тиристорными преобразователями постоянного напряжения.

Литература к теме 3: [1-4]

Тема 4. **Структуры, принципы работы систем импульсно-фазового управления преобразователей с естественной коммутацией.**

Содержание темы 4: *Принцип вертикального управления, одноканальные и многоканальные СИФУ. Структурная схема СИФУ.*

Тиристорные преобразователи переменного напряжения.

Литература к теме 4: [1-4]

Тема 5. Структуры, принципы работы, принципиальные схемы и методики расчета преобразователей с полностью управляемыми ключами для электропривода постоянного тока.

Содержание темы 5: *Импульсные преобразователи постоянного и переменного напряжения, понижающего и повышающего типа. Схемы, обеспечивающие реверс, рекуперацию. Алгоритмы управления преобразователями на базе широтно-импульсной модуляции.*

Литература к теме 5: [1-4]

Тема 6. Структуры, принцип работы и расчет элементов схем автономных инверторов напряжения.

Содержание темы 6: *Автономные инверторы тока. Особенности, схемы, принципы действия. Автономные инверторы напряжения. Особенности, схемы, принципы действия. Амплитудное регулирование исходного напряжения. Регулирование с использованием ШИМ. Схемы и алгоритмы управления, применяемые в многоуровневых инверторах.*

Литература к теме 6: [1-4]

Тема 7. Структуры, принцип работы и расчет элементов схем выпрямителей с активным формированием тока и активных выпрямителей.

Содержание темы 7: *Выпрямители с активным потреблением тока. Принцип работы активных выпрямителей в режиме генерации активной и реактивной мощности.*

Литература к теме 7: [1-5]

Тема 8. Структуры, принцип работы и расчет элементов схем полупроводниковых преобразователей частоты.

Содержание темы 8: *Преобразователи частоты со звеном постоянного тока. Циклоконверторы. Многоуровневые преобразователи частоты. Современные низковольтные преобразователи частоты для электроприводов широкого назначения.*

Литература к теме 8: [1-5]

Тема 9. Влияние силовых полупроводниковых преобразователей энергии на сеть. Устройство, принцип работы и расчет элементов схем фильтрокомпенсирующих устройств и активных фильтров.

Содержание темы 9: Коэффициент мощности силовых полупроводниковых преобразователей. Коэффициент искажения тока. Влияние преобразовательных устройств на питающую сеть. Принцип работы фильтро-компенсирующих устройств с пассивным и активным формированием тока.

Литература к теме 9: [1-5]

3.3. Практические (семинарские) занятия *не предусмотрены*

3.4. Лабораторные работы

№ п/п	Тема работы	Объем, час.	Литература
1	Лабораторная работа № 1. Исследование неуправляемых выпрямителей	4/2	[6, 7]
2	Лабораторная работа № 2. Исследование управляемых выпрямителей	4/4	[6, 7]
3	Лабораторная работа № 4. Исследование импульсных преобразователей постоянного тока	4/4	[6, 7]
4	Лабораторная работа № 6. Исследование двухуровневых автономных инверторов напряжения	4/4	[6, 7]
5	Лабораторная работа № 9. Исследование активного выпрямителя напряжения	4/4	[6, 7]
6	Лабораторная работа N 11. Исследование регулируемого электропривода по системе "преобразователь частоты - асинхронный двигатель"	10/4	[6, 7]
7	Лабораторная работа №12 Изучение особенностей параметрирования и работы преобразователя частоты ASC550 с помощью стендового компьютера	4/2	[6, 7]
Итого:		34/24	

3.5. Самостоятельная работа студента

№ п/п	Виды самостоятельной работы студента	Объем, час.
1	Изучение лекционного материала	30
2	Подготовка к лабораторным работам	19
3	Выполнение индивидуального задания	0
4	Выполнение курсовой работы	27
Итого:		76

3.6. Курсовой проект (работа), индивидуальное задание

Индивидуальное задание *не предусмотрено*.

Курсовая работа [8] предусмотрена учебными планами для студентов очной формы обучения в пятом семестре. Тематика курсовой работы связана с выбором полупроводниковых модулей силового преобразовательного устройства, расчетом потерь мощности, выбором дополнительного оборудования, и моделированием работы схемы с электрической машиной. Объем учебной нагрузки при выполнении курсовой работы – 27 часов.

Рекомендуемый объем пояснительной записки по курсовой работе – не более 30 страниц формата А4 (210×297 мм).

4 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

4.1 Критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций

Составляющая компетенции – полнота знаний

- нулевой уровень: неверные, не аргументированные, с множеством грубых ошибок ответы на вопросы / ответы на два вопроса из двух полностью отсутствуют. Уровень знаний ниже минимальных требований;

- минимальный уровень: даны не полные, не точные и аргументированные ответы на вопросы. Уровень знаний ниже минимальных требований. Допущено много грубых ошибок;

- пороговый уровень: даны недостаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Плохо знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено много негрубых ошибок;

- средний уровень: Даны достаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. В целом знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;

- продвинутый уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;

- высокий уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько неточностей.

Составляющая компетенции – умения

- нулевой уровень: полное отсутствие понимания сути методики решения задачи, допущено множество грубейших ошибок / задания не выполнены вообще;

- минимальный уровень: слабое понимание сути методики решения задачи, допущены грубые ошибки. Решения не обоснованы. Не умеет использовать нормативно-техническую литературу. Не ориентируется в специальной научной литературе, нормативно-правовых актах;

- пороговый уровень: достаточное понимание сути методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую литературу. Слабо ориентируется в специальной научной литературе, нормативно-правовых актах;

- средний уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;

- продвинутый уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены неточности. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;

- высокий уровень: Понимает суть методики решения задачи. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, передовой зарубежный опыт, нормативно-правовые акты.

Составляющая компетенции – владение навыками

- нулевой уровень: не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;

- минимальный уровень: не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;

- пороговый уровень: владеет опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию на пороговом уровне. Трудовые действия выполняет медленно и некачественно;

- средний уровень: владеет средним опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Трудовые действия выполняет на среднем уровне по скорости и качеству;

- продвинутый уровень: владеет опытом и достаточно выраженной личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия;

- высокий уровень: владеет опытом и выраженностью личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия.

Обобщенная оценка сформированности компетенций

- нулевой уровень: компетенции не сформированы;

- минимальный уровень: значительное количество компетенций не сформировано;

- пороговый уровень: все компетенции сформированы, но большинство на пороговом уровне;

- средний уровень: все компетенции сформированы на среднем уровне;

- продвинутый уровень: все компетенции сформированы на среднем или высоком уровне;

- высокий уровень: все компетенции сформированы на высоком уровне.

4.2 Вопросы к экзамену и пример экзаменационного билета

1. Что изучают Силовые преобразователи автоматизированных электроприводов (преобразовательная техника)?

2. Для чего предназначены полупроводниковые преобразователи электрической энергии?

3. Что такое вентиль?

4. Что такое вентильный преобразователь?

5. Как классифицируются вентильные преобразователи?

6. Каковы области применения устройств преобразовательной техники?

7. Каковы основные направления развития преобразовательной техники?

8. Структурная схема силового полупроводникового устройства (СПП).
9. Как классифицируются силовые диоды?
10. Как выглядит ВАХ силового диода?
11. Как и зачем идеализируют ВАХ силового диода?
12. Какие процессы происходят при включении и выключении диода?
13. Назовите параметры силовых диодов.
14. Укажите порядок величин параметров силовых диодов.
15. Назовите разновидности высокочастотных силовых диодов и их отличия.
16. Устройство и принцип действия обычного (асимметричного) тиристора.
17. Объясните вид выходной ВАХ тиристора.
18. Каково назначение диаграммы управления и как ею пользоваться?
19. От чего и как зависит переходный процесс при включении тиристора?
20. Как протекает процесс выключения тиристора?
21. Почему напряжение на тиристоре не может нарастать слишком быстро?
22. Перечислите основные параметры тиристорov (по току, напряжению, динамические и цепи управления).
23. Какие разновидности тиристорov вы знаете? Область их применения.
24. Поясните процесс выключения запираемых тиристорov GTO и GCT.
25. Эквивалентная схема и принцип работы полевого тиристора.
18. Как классифицируются транзисторы?
 26. Каков вид выходных характеристик транзисторov различных типов?
 27. Что такое ключевой режим и каковы его преимущества?
 28. Какие участки ВАХ важны в ключевом режиме?
 29. Поясните вид идеальной характеристики транзисторного ключа.
 30. Назовите основные параметры транзисторov.
 31. Укажите порядок величин основных параметров мощных транзисторov.
 32. Сравните параметры транзисторov, имеющих различные принципы действия.
 33. От чего и как зависит переходный процесс при переключении транзисторного ключа?
 34. Что такое защищенный транзисторный ключ?
 35. Каковы тенденции интеграции силовых полупроводниковых приборов?
 36. Что такое гибридный силовой модуль?
 37. По каким признакам классифицируются выпрямители?
 38. Какова структурная схема выпрямителя и почему она может упрощаться?
 39. Какие возможны виды нагрузок выпрямителя?
 40. Какие схемы применяются для выпрямления однофазного тока?
 41. Как работают однофазные схемы выпрямления?
 42. Назовите основные величины, используемые при описании работы выпрямителей.
 43. Какие допущения принимаются при анализе схем выпрямления?
 44. Как и зачем строятся временные диаграммы токов и напряжений?
 45. Почему и как влияет характер нагрузки на форму токов в выпрямителе?

46. Какова частота пульсаций в схемах выпрямления?
47. Как определяются основные соотношения между токами и напряжениями в схемах выпрямления?
48. Почему для вентиля определяются среднее и амплитудное значения тока, а для трансформатора действующее?
49. Как учитывается неидеальность вентиля и трансформатора?
50. Что такое внешняя характеристика?
51. Сравните однофазные схемы выпрямления на диодах по основным показателям.
52. Укажите области применения различных схем выпрямления.
53. Какие схемы применяются в многофазных выпрямителях?
54. Как работают многофазные схемы выпрямления?
55. Чем отличаются режимы работы управляемого выпрямителя?
56. Что такое угол проводимости вентиля?
57. Что такое угол управления α и как он определяется по осциллограмме?
58. Что такое регулировочная характеристика?
59. От чего зависит вид регулировочной характеристики?
60. Можно ли снять регулировочную характеристику на холостом ходу? Обоснуйте ответ.
61. Как выглядит регулировочная характеристика при конечном значении индуктивности нагрузки?
62. Как изменятся временные диаграммы токов и напряжений в трехфазной нулевой схеме (при $x_d = 0$), если сгорит предохранитель в цепи одного вентиля при $\alpha = 45^\circ$?
63. Как изменятся временные диаграммы токов и напряжений в трехфазной нулевой схеме (при $x_d = \infty$), если сгорит предохранитель в цепи одного вентиля при $\alpha = 45^\circ$?
64. Что такое коммутация вентиля?
65. От чего зависит угол коммутации?
66. Что такое внешняя характеристика?
67. От каких параметров зависит положение и наклон внешней характеристики в непрерывном режиме?
68. Уточните понятие «регулировочная характеристика» для реального выпрямителя.
69. От каких параметров зависит положение регулировочной характеристики в непрерывном режиме?
70. Как снимаются внешние и регулировочные характеристики управляемого выпрямителя?
71. Что такое граничный ток $I_{d\text{ гр}}$ и граничный угол $\alpha_{\text{гр}}$?
72. От чего зависят $I_{d\text{ гр}}$ и $\alpha_{\text{гр}}$?
73. Как определить экспериментально $I_{d\text{ гр}}$ и $\alpha_{\text{гр}}$?
74. Чем отличаются временные диаграммы (осциллограммы) выпрямленного напряжения u_d и тока i_d в различных режимах при различных видах нагрузки?
75. Какие режимы и параметры влияют на вид характеристик?
76. Что сильнее влияет на вид характеристик: режим или параметры нагрузки?

- 77. От чего зависит вид регулировочных и внешних характеристик?
- 78. От каких параметров зависит положение и наклон внешней характеристики в непрерывном режиме?
- 79. От каких параметров зависит положение регулировочной характеристики в непрерывном режиме?
- 80. Как уменьшить граничный ток?
- 45. Что такое инвертирование?
 - 81. Что такое ведомый инвертор?
 - 82. Какова область применения ведомых инверторов?
 - 83. Как изменяется направление потока мощности при переходе от выпрямительного к инверторному режиму?
 - 84. Как определить угол опережения?
 - 85. Что требуется для перехода из выпрямительного режима в инверторный?
 - 86. Каков вид внешних и регулировочной характеристик ведомого инвертора в режиме непрерывного тока?
 - 87. Каков вид внешних и регулировочной характеристик ведомого инвертора в режиме прерывистого тока?
 - 88. Какие факторы и как влияют на наклон внешних характеристик?
 - 89. Что такое ограничительная характеристика?
 - 90. Что такое опрокидывание инвертора?
 - 91. Как выбирается угол δ_{\min} ?
 - 92. Как выбирается угол α_{\max} ?
 - 93. Каков вид регулировочных и внешних характеристик реверсивного преобразователя в непрерывном режиме?
 - 94. Чем определяются углы α_{\max} и α_{\min} ?
 - 95. Для чего вводится ограничение в регулировочной характеристике преобразователя?
 - 96. В чем разница между совместным и отдельным управлением комплектами тиристорного преобразователя?
 - 97. Почему применяют нелинейное согласование характеристик при совместном управлении?
 - 98. Зачем нужен реактор в цепи уравнительного тока?
 - 99. Каково назначение преобразователей переменного напряжения?
 - 100. Недостатки фазового регулирования скорости асинхронных двигателей.
 - 101. Зачем применяют устройства мягкого пуска асинхронных двигателей?

Пример экзаменационного билета

ГОУВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Направление подготовки: 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Профиль: Электропривод и автоматика.

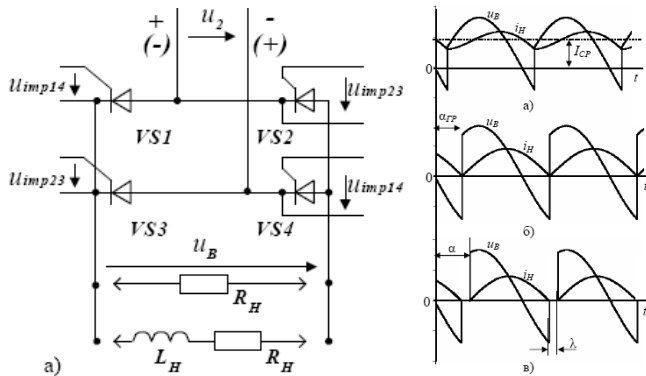
Семестр: 5

Учебная дисциплина: Силовые преобразователи автоматизированных электроприводов

БИЛЕТ № 1

1. Однофазные мостовые управляемые выпрямители, особенности работы на активно-индуктивную нагрузку.

Привести: назначение, область применения, достоинства и недостатки, принцип действия, временные диаграммы работы (напряжения и токи на входе, выходе, и на тиристоре) для непрерывного и прерывистого тока. Сделать вывод от чего зависит форма тока и напряжения на нагрузке.

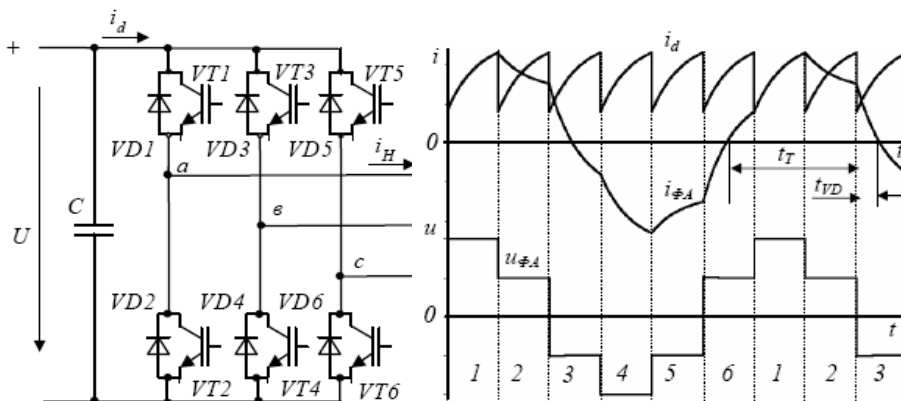


Напряжение сети 220В, напряжение на нагрузке 100 В, индуктивность очень большая, активное сопротивление 5 Ом. Определить угол управления альфа.

2. Автономный инвертор напряжения.

Привести: назначение, область применения, назначение элементов, физические процессы, проходящие в них.

Напряжение сети 220В. Определить значения напряжений в шеститактовом режиме



3. Приведите достоинства и недостатки современных преобразователей, особенно использующихся в электромобилях и транспортных установках. Приведите типовые схемы и принцип работы.

Утверждено на заседании кафедры электропривода и автоматизации промышленных установок, протокол № ___ от __.__.20__ г.

Зав. кафедрой

Розкарьяка П.И. Экзаменатор

Мирошник Д.Н.

КРИТЕРИИ

оценивания экзаменационной работы

по дисциплине «Силовые преобразователи автоматизированных электроприводов» для обучающихся по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (профиль – Электропривод и автоматика).

Экзамен проводится письменно по билетам. Билет содержит 3 вопроса, включающий теоретические положения и практические навыки в виде рисования схем, получения характеристик объекта. При необходимости отвечающий должен сопровождать, написанное поясняющей схемой (рисунком).

Вопросы охватывают теоретическую часть курса, а также требуют демонстрации практических навыков, полученных студентом в ходе лабораторных работ.

Правильный ответ на первый и второй вопрос оценивается в 20 баллов, третий - 18 баллов. Если ответ не снабжен достаточной иллюстративностью снимается 5 баллов. За ошибки в формулах снимается 5 баллов. При отсутствии правильного ответа на поставленный вопрос обучающийся получает ноль баллов. Полученные баллы за ответы на вопросы билета суммируются и с учётом результатов текущего контроля работы студента выводится итоговая оценка по 100-балльной шкале.

Полученная оценка по 100-балльной шкале определяет оценку по государственной шкале и шкале ESTS.

Утверждено на заседании кафедры электропривода и автоматизации
промышленных установок, протокол № ____ от _____.20____ г.
Заведующий кафедрой _____ Розкаряка П.И.

4.3 Критерии оценивания

Оценивание уровня освоения студентом учебного материала дисциплины «**Силовые преобразователи автоматизированных электроприводов**» производится в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации (семестрового контроля).

Текущий контроль знаний студента очной формы обучения осуществляется по результатам выполненных лабораторных работ. Выполнение лабораторных работ с защитой отчёта, выполнение курсового проекта, предусмотренных рабочей программой дисциплины, является необходимым условием допуска студента к экзамену.

Распределение баллов текущего контроля работы студента на протяжении семестра приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение баллов текущего контроля

Форма контроля	Возможное количество баллов	Примечание
Для студентов очной формы обучения		
Отчёт по лабораторной работе	6	Задание выполнено правильно, полученные результаты обоснованы, приведен анализ полученного результата
	4	Задание выполнено в целом правильно, полученные результаты не всегда обоснованы, возникли трудности в объяснении полученных результатов
Итого по лабораторным работам (максимально возможное)	42	Из расчёта проведения семи лабораторных работ. Оцениваются результаты каждой лабораторной работы.
ИТОГО	42	Максимально возможное

Промежуточная аттестация по результатам освоения дисциплины в семестре проводится в форме семестрового экзамена. Форма проведения экзамена – письменная. Экзаменационный билет включает в себя 2 вопроса, включающих математическое описание системы управления, функциональные и структурные схемы, принципы построения наблюдателей величин двигателей переменного тока. При оценивании студента на экзамене преподаватель руководствуется критериями, приведенными в таблице 2.

Таблица 2 – Распределение баллов по семестровому экзамену

Форма контроля		Максимально возможное количество баллов
Ответ на вопросы экзаменационного билета	Вопрос 1	20
	Вопрос 2	20
	Вопрос 3	18
ИТОГО		58

Итоговая оценка определяется путем суммирования количества баллов по результатам текущего контроля и количества баллов по результатам семестрового экзамена. **Максимально возможное количество баллов – 100.**

Полученная оценка по 100-балльной шкале определяет оценку по государственной шкале и шкале ECTS:

Сумма баллов по 100-балльной шкале	Оценка по шкале ECTS	Оценка по государственной шкале
90-100	A	Отлично
80-89	B	Хорошо
75-79	C	
70-74	D	Удовлетворительно
60-69	E	
35-59	FX	Неудовлетворительно
0-34	F*	

* – с обязательным повторным изучением дисциплины.

4.4 Пример текущего опроса на практических (семинарских) занятиях и лабораторных работах

На примере темы «Активный выпрямитель напряжения»:

1. Перечислите основные функции активного выпрямителя?
2. В комплектном электроприводе как подключается активный выпрямитель?
3. Можно ли с помощью активного выпрямителя генерировать реактивную мощность? Ответ пояснить.
4. Перечислите возможные схемы использования активного выпрямителя?
5. В каких случаях и почему использование активного выпрямителя напряжения может быть оправдано экономически в электроприводе?
6. Перечислите область применения преобразователя.

Ответы на вопросы входного контроля учитываются преподавателем в результатах текущего контроля работы студента.

4.5 Курсовое проектирование

Согласно учебному плану по дисциплине «Силовые преобразователи автоматизированных электроприводов» предусмотрено выполнение курсовой работы на тему «Разработка преобразовательного устройства».

Для разработки задаются восемь вариантов силовых схем преобразователей, для которых необходимо произвести расчет нагрузок, осуществить подбор полупроводниковых приборов и прочих вспомогательных элементов, произвести моде-

лирование работы схемы для своих исходных данных. В задании приводятся параметры источника и нагрузки, указывается специфика разрабатываемого электронного устройства.

№ п/п	Наименование раздела	Максимально возможное количество баллов
1	Расчет параметров нагрузки	30
2	Выбор полупроводниковых приборов и прочего оборудования преобразователя	30
3	Детализированный расчет потерь мощность	20
4	Моделирование полупроводникового преобразователя	20
ИТОГО		100

При оценивании результатов выполнения курсовой руководствуются следующим распределением максимально возможного количества баллов по основным разделам работы:

Оценивание раздела производится исходя из следующего:

- правильное и обоснованное (аргументированное) решение с использованием современных технологий и аппаратной базы, грамотное применение методики расчёта – максимально возможное количество баллов;
- правильное решение с замечаниями по обоснованию (изложение материала всегда логичное), имеются замечания по выбору проектных решений, приведенному расчёту и использованию его результатов – от 1/3 до 2/3 от максимально-возможного количества баллов;
- неверное решение, неумение выполнить расчет для принятия решения, получения необходимых результатов – ноль баллов.

Итоговая оценка по курсовой работе определяется суммированием набранных по разделам баллов.

5 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Литература:

Основная:

1. Родыгин А.В. Силовая электроника : учебное пособие / Родыгин А.В.. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. — 72 с. — ISBN 978-5-7782-3289-1. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91420.html>.
2. Шустов М.А. Основы силовой электроники / Шустов М.А.. — Санкт-Петербург : Наука и Техника, 2017. — 336 с. — ISBN 978-5-94387-872-5. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/60655.html>.
3. Основы силовой электроники. Силовые полупроводниковые приборы : учебное пособие / А.А. Богомяков [и др.]. — Москва : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2012. — 248 с. — ISBN 978-5-

7038-3441-1. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/94060.html>.

Дополнительная:

4. Анучин А.С. Системы управления электроприводов [Электронный ресурс] : учебник для вузов / А.С. Анучин. - 19 Мб. - М. : МЭИ, 2015. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. - Режим доступа: доступ через личный кабинет студента.

5. Белоус А.И. Полупроводниковая силовая электроника / Белоус А.И., Ефименко С.А., Турцевич А.С.. — Москва : Техносфера, 2013. — 228 с. — ISBN 978-5-94836-367-7. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/31876.html>.

6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебно-методические издания, разработанные в ДонНТУ:

6. Методические рекомендации к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Силовые преобразователи автоматизированных электроприводов» [Электронный ресурс] / ГОУВПО «ДОННТУ», Каф. Электропривод и автоматизация промышленных установок; сост.: Д. Н. Мирошник. — Донецк: ДОННТУ, 2021. — 88с. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. - Режим доступа: доступ через личный кабинет студента.

7. Методические рекомендации к самостоятельной работе по дисциплине «Силовые преобразователи автоматизированных электроприводов» [Электронный ресурс] / ГОУВПО «ДОННТУ», Каф. Электропривод и автоматизация промышленных установок; сост.: Д. Н. Мирошник. —Донецк: ДОННТУ, 2021. — 17 с. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. - . - Режим доступа: доступ через личный кабинет студента.

8. Методические рекомендации к выполнению курсовой работы по дисциплине «Силовые преобразователи автоматизированных электроприводов» [Электронный ресурс] / ГОУВПО «ДОННТУ», Каф. Электропривод и автоматизация промышленных установок; сост.: Д. Н. Мирошник. —Донецк: ДОННТУ, 2021. — 58с. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. - . - Режим доступа: доступ через личный кабинет студента.

Электронно-информационные ресурсы

ЭБС ДонНТУ – <http://donntu.ru/library>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Лекционные занятия:

Учебная аудитория №8.303 учебный корпус 8 для проведения занятий лекционного типа, выполнения курсовых работ, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (мультимедийное оборудова-

ние: компьютер Intel Celeron E1200, операционная система Windows XP Professional x86/64 (академическая подписка DreamSparkPremium), LibreOffice 4.3.2.2, Google Slides (бесплатная версия), мультимедийный проектор, экран; специализированная мебель: доска аудиторная, столы аудиторные, стулья ученические; демонстрационные стенды и плакаты).

7.2 Лабораторные занятия:

Специализированная лаборатория №8.113, корпус 8 для проведения лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специализированное оборудование: робот-манипулятор Manus; 3Д принтер «Prusa i3 tronXY» (Китай), 3Д принтер, сделанный студентами (ДНР), 3Д принтер «Solidoodle» (США). Стенд 1. Лабораторный стенд для изучения параметрирования ПЧ фирмы Siemens при помощи базовой панели оператора: ПЧ Micromaster 440, 15 кВт, базовая панель оператора, двигатель АО2-51, 7.5 кВт. Стенд 2. Лабораторный стенд для изучения параметрирования ПЧ фирмы Siemens при помощи ПК: ПЧ Micromaster 440, 15 кВт; двигатель АО2-51, 10 кВт, модуль связи с ПК. Стенд 3. Лабораторный стенд для изучения механических характеристик асинхронного двигателя: ПЧ Altivar 5, 4 кВт, двигатель АК 52/6, 2.8 кВт; тиристорный преобразователь ЭТ6, 11 кВт; нагрузочная машина ПНФ-45, 3.6 кВт. Стенд 4. Лабораторный стенд для изучения цифровых систем управления тиристорным электроприводом постоянного тока: тиристорный преобразователь БТУ-3501, плата АЦП/ЦАП 5710 Octagon systems, плата гальванических развязок SCMPB05, двигатель ПБСТ-32, 1,2 кВт. Стенд 5. Лабораторный стенд для исследования одноконтурной системы регулирования скорости системы ТРН-АД: комплектная тиристорная станция управления ТСУР-ИП, двигатель АК60-4 с ф.р., 7 кВт, генератор постоянного тока П-52, 6.5 кВт. Стенд 6. Лабораторный стенд для изучения параметрирования ПЧ фирмы ABB: ПЧ ACS-550, 4 кВт, двигатель 2АИ80В2ПАУ2, 2.2 кВт. Стенд 7. Лабораторный стенд для исследования системы электропривода с управлением по цепи возбуждения двигателя: исследуемая машина ПБСТ- 22, 0.6 кВт, тиристорный преобразователь возбудителя ЭТ-3Р, 1 кВт. Стенд 8. Лабораторный стенд для исследования двухконтурной системы подчиненного регулирования: исследуемый двигатель ПБСТ-32, 0.8 кВт, реверсивный тиристорный преобразователь для исследуемой машины БТУ-3601, шкаф «Кедр-84», реверсивный тиристорный преобразователь ЭТ6 питания нагрузочной машины П-31, 0.7 кВт. Стенд 9. Лабораторный стенд для исследования цифровых систем управления на базе микромотора и микроконтроллера STM32F4.

Приборное обеспечение: паяльная станция Lukey852d, источники питания Masteram MR3003M-2, Atten TPR3003T, Masteram Mr3003, электронный осциллограф SIGLENT SDS1072CML, плата АЦП m-DAQ, датчики напряжения LEM 55p, датчики напряжения СУНVS025А. Компьютерное обеспечение: компьютеры Pentium 4 cpu 3.2ghz, 1gb, 80gb, ОС - Windows XP Professional x86 и Windows 7 (академическая подписка DreamSparkPremium), LibreOffice 3.3.0.4 (бесплатная версия), программное обеспечение для работы с ПЧ фирмы ABB «DriveWindowLight2» (бесплатная версия), программное обеспечение для работы с ПЧ фирмы Siemens «Drive Monitor» (бесплатная версия). Мультимедийный проектор, экран проекцион-

ный, специализированная мебель: доска передвижная, столы аудиторные, стулья ученические.

7.3 Самостоятельная работа:

Помещения для самостоятельной работы с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации: читальные залы, учебные корпуса 2,3 (компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (ЭИОС ДОННТУ) и электронно-библиотечную систему (ЭБС IPRbooks), а также возможностью индивидуального неограниченного доступа обучающихся в ЭБС и ЭИОС посредством Wi-Fi с персональных мобильных устройств. ОС- Microsoft Windows 7, OpenOffice 2.0.3 - общественная лицензия MPL 2.0, Grub loader for ALT Linux - лицензия GNU LGPL v3, Mozilla Firefox - лицензия MPL2.0, Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) - лицензия GNU GPL).