

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



УТВЕРЖДАЮ:

Первый проректор

(подпись)

А.А. Каракозов

«31» марта 2023 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.07 Преобразовательная техника

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

Форма обучения	Очная	Заочная
Семестр	7	8
Общая трудоёмкость в з.е./часах	2,0 / 72	2,0 / 72
Контактная работа (час.)	36	10
Лекции (час.)	17	2
Практические занятия (час.)	-	-
Лабораторные работы (час.)	17	2
Самостоятельная работа (час.), в том числе	36	62
Курсовой проект/работа (семестр)	-	-
Индивидуальное задание (кол./час.)	-	1/9
Контроль (экзамен/зачёт, час.):	зачет	зачет

Донецк, 2023 г.

1 ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины является изучение принципов действия и основ применения преобразовательных устройств для решения производственных задач в области электротехники и электроэнергетики.

Задачи дисциплины: формирование знаний о современных преобразовательных устройствах, усвоении методов расчета, моделирования и анализа преобразовательных устройств, подготовка специалиста к применению преобразовательных устройств и грамотной их эксплуатации.

В результате освоения дисциплины студент должен:

знать:

- основы преобразования энергии полупроводниковыми устройствами;
- принципы построения, основные схемы силовых преобразовательных устройств и их характеристики;
- режимы работы преобразовательных устройств при разном характере нагрузки;
- способы управления преобразовательными устройствами при формировании тока и напряжения заданной формы;
- способы обеспечения электромагнитной совместимости преобразовательных устройств с сетью.

уметь:

- анализировать работу преобразовательных устройств;
- рассчитывать режимы работы и характеристики преобразовательных устройств;
- экспериментально определять основные характеристики преобразовательных устройств;
- применять преобразовательные устройства и грамотно их эксплуатировать;

владеть:

- навыками работы с преобразовательными устройствами;
- методами расчета, моделирования и анализа преобразовательных устройств.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способность использовать технические средства для измерения основных параметров электроэнергетических и электротехнических объектов и систем и происходящих в них процессов (ПК-4).

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ

Дисциплина относится к циклу профессиональных дисциплин вариативной части учебного плана.

Базируется на знаниях и умениях, которые студент приобрел при освоении

предшествующих дисциплин: промышленная электроника, теоретические основы электротехники, физика, высшая математика;.

Знания и умения, приобретенные при освоении данной дисциплины, реализуются студентом при изучении последующих дисциплин программ бакалаврской и магистерской подготовки, связанных с использованием устройств преобразовательной техники, при прохождении государственной итоговой аттестации и в дальнейшей инженерной деятельности.

3 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Распределение учебных часов по темам дисциплины и видам занятий

№ тем	Наименование тем (содержательных модулей)	Количество часов (очная/заочная форма)				
		Всего	в том числе			
			Лекции	Практ	Лабор.	СРС
1	Тема 1 Силовые электронные ключи преобразовательных устройств	13/12	2/0	-	4/0	6/12
2	Тема 2. Преобразователи с сетевой коммутацией	16/17	3/1	-	4/2	6/14
3	Тема 3. Тиристорные регуляторы напряжения	17/16	4/0	-	4/0	9/16
4	Тема 4. Автономные инверторы	12/6	4/0	-	2/0	6/6
5	Тема 5. Преобразователи частоты	10/10	3/1	-	2/0	6/10
6	Тема 6. Влияние преобразовательных устройств на питающую сеть	4/2	1/0	-	1/0	6/4
Контактная работа (дополнительная)		2/6				
Курсовая работа (проект)		-				
Итого по видам занятий		72/72	17/2	-	17/2	36/62
Контроль		-				
ИТОГО		72/72	17/2	-	17/2	36/62

Формирование компетенций в результате освоения тем дисциплины

Компетенции	Темы дисциплины, нацеленные на выработку компетенции
ПК-4	Темы 1 – 6
ПК-5	Темы 1 – 6

3.2. Лекции

Тема 1. Силовые электронные ключи преобразовательных устройств.

Содержание темы 1:

Введение. Классификация силовых электронных ключей. Силовые диоды. Силовые биполярные транзисторы. Силовые полевые транзисторы. IGBT.

Силовые тиристоры. Силовые интегральные модули.

Основные принципы управления. Фазовое управление. Импульсное управление.

Литература к теме 1: [\[1, 2, 6\]](#).

Тема 2. Преобразователи с сетевой коммутацией.

Содержание темы 2:

Классификация и характеристики силовых полупроводниковых преобразователей. Выпрямители. Основные схемы выпрямления. Управляемые выпрямители. Особенности работы на разную нагрузку. Пульсация выпрямленного напряжения. Характеристики выпрямителей. Коммутация токов в выпрямителях.

Инверторы, ведомые сетью. Принцип работы инвертора. Переход от выпрямительного режима к инверторному. Коммутация токов. Основные характеристики.

Литература к теме 2: [\[1, 2, 6\]](#).

Тема 3. Тиристорные регуляторы напряжения.

Содержание темы 3:

Тиристорные регуляторы напряжения переменного тока. Схемы однофазных и трехфазных регуляторов.

Импульсные регуляторы постоянного напряжения. Основные типы. Импульсные регуляторы с понижением напряжения. Импульсные регуляторы с повышением напряжения. Импульсные регуляторы постоянного напряжения с рекуперацией энергии.

Литература к теме 3: [\[1, 2, 6\]](#).

Тема 4. Автономные инверторы..

Содержание темы 4:

Однофазные инверторы напряжения. Трехфазные инверторы напряжения. Формирование синусоидальности выходного напряжения методом широтно-импульсной модуляции, Однофазные инверторы тока. Трехфазные инверторы тока. Инверторы тока с ШИМ-управлением.

Литература к теме 4: [\[1, 2, 6\]](#).

Тема 5. Преобразователи частоты.

Содержание темы 5:

Преобразователи частоты в электроприводах переменного тока. Непосредственные преобразователи частоты с естественной коммутацией.

Преобразователи частоты с промежуточным звеном постоянного тока. Преобразователи частоты с автономными инверторами тока. Преобразователи частоты с автономными инверторами напряжения.

Литература к теме 5: [\[1, 2, 6\]](#).

Тема 6. Влияние преобразовательных устройств на питающую сеть

Содержание темы 6:

Обеспечение электромагнитной совместимости преобразовательных устройств с сетью. Фильтро-компенсирующие устройства. Активные фильтры. Компенсаторы реактивной мощности.

Литература к теме 6: [\[1, 2, 6\]](#).

3.3 Практические (семинарские) занятия

Практические занятия учебным планом не предусмотрены.

3.4 Лабораторные работы

№ п/п	Тема работы	Объем, час. очная/ заочная	Литература
1	Изучение лабораторных стендов и установок	2/0	[7]
2	Исследование силовых полупроводниковых ключей	2/0	[7]
3	Исследование тиристорного преобразователя постоянного тока	2/0	[7]
4	Исследование тиристорного регулятора переменного напряжения	3/0	[7]
5	Исследование импульсного преобразователя постоянного напряжения	2/0	[7]
6	Исследование автономного инвертора напряжения	2/0	[7]
7	Исследование схемы управления тиристорным преобразователем	2/2	[7]
8	Исследование схемы преобразователя частоты с промежуточным звеном постоянного тока с автономным инвертором напряжения	2/0	[7]
ИТОГО		17/2	

3.5. Самостоятельная работа студента

№ п/п	Виды самостоятельной работы студента	Объем, час. очная/ заочная
1	Изучение лекционного материала в течение семестра	20/35
2	Подготовка к практическим занятиям	-
3	Подготовка к лабораторным работам	16/18
4	Выполнение курсового проекта (работы)	-
5	Выполнение индивидуального задания	0/9
ИТОГО		36/62

3.6 Курсовой проект (работа), индивидуальное задание

Курсовой проект (работа) по дисциплине учебным планом не предусмотрен. Индивидуальное задание предусмотрено для студентов заочной формы обучения. Тематика индивидуального задания связана с самостоятельным выполнением расчетной работы в соответствии с [7]. Объем учебной нагрузки при выполнении индивидуального задания – 9 часов.

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. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- минимальный уровень: даны не полные, неточные и неаргументированные ответы на вопросы. Допущено много грубых ошибок. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- 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;
- 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;
- средний уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу;
- продвинутый уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены неточности. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу;
- высокий уровень: понимает суть методики решения задачи. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, передовой производственный опыт.

Составляющая компетенции – владение навыками

- нулевой уровень: не демонстрирует владение навыками выполнения профессиональных задач. Не может выполнить задания;
- минимальный уровень: не демонстрирует владение навыками выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- пороговый уровень: владеет навыками выполнения профессиональных задач на пороговом уровне. Задания выполняет медленно и некачественно;
- средний уровень: владеет навыками выполнения профессиональных задач. Задания выполняет на среднем уровне по скорости и качеству;
- продвинутый уровень: владеет уверенными навыками выполнения профессиональных задач. Быстро и качественно выполняет задания, иногда допуская незначительные погрешности;
- высокий уровень: владеет уверенными навыками выполнения профессиональных задач. Быстро и качественно выполняет задания, при необходимости демонстрируя творческий подход.

Обобщенная оценка сформированности компетенций

- нулевой уровень: на нулевом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- минимальный уровень: на минимальном уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- пороговый уровень: на пороговом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- средний уровень: на среднем уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- продвинутый уровень: на продвинутом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на высоком уровне;
- высокий уровень: на высоком уровне сформированы все составляющие компетенций.

4.2 Критерии оценивания

Текущий контроль знаний студента очной формы обучения осуществляется путем контрольных опросов перед выполнением лабораторных работ, по результатам выполнения лабораторных работ, опроса на лекционных занятиях; студента заочной формы обучения – по результатам выполнения контрольной работы.

Выполнение лабораторных работ с защитой отчёта, контрольной работы, предусмотренных рабочей программой дисциплины, является необходимым условием допуска студента к зачету.

Промежуточная аттестация по результатам освоения дисциплины в семестре проводится в форме семестрового зачета.

Распределение баллов текущего контроля

№ п/п	Форма контроля	Максимально возможное количество баллов
1	Контрольные опросы по лабораторным работам	35
2	Отчеты по лабораторным работам	35
3	Опросы на лекционных занятиях	30
ИТОГО		100

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

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

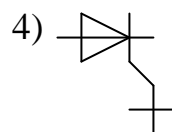
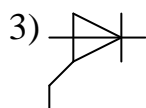
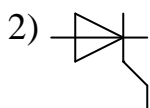
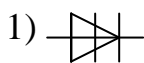
4.3 Пример текущего опроса на лабораторных занятиях

На примере темы «Исследование силовых полупроводниковых ключей»

Билет №1

- Какие полупроводниковые приборы применяются в схеме полностью управляемого электронного ключа?
 - диоды;
 - биполярные транзисторы;
 - полевые транзисторы;
 - IGBT;
 - однооперационные тиристоры.
- При каких условиях запирается открытый тиристор?
 - при изменении знака напряжения в цепи;
 - при токе тиристора, меньшем тока удержания;
 - при напряжении на нем, меньшем напряжения включения;
 - при токе управления, равном нулю.
- Какое напряжение называется максимально допустимым напряжением тиристора?
 - при котором тиристор переключается в открытое состояние при отсутствии тока управления;
 - при котором наступает электрический пробой;

- 3) меньшее из максимально допустимых прямого в закрытом состоянии и обратного напряжений;
 - 4) большее из максимально допустимых прямого в закрытом состоянии и обратного напряжений.
5. Как на электрических схемах обозначается запираемый тиристор?



5 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

I Основная литература

1. Силовая электроника. Силовые полупроводниковые преобразователи для электропривода и электроснабжения : учеб. пособие [Электронный ресурс] / Г.Б. Онищенко, О.М. Соснин. – Москва : ИНФРА-М, 2018. – 122 с. – Режим доступа: <http://www.znaniyum.com>. – (Высшее образование: Бакалавриат).

2. Белоус А.И. Полупроводниковая силовая электроника [Электронный ресурс] / Белоус А.И., Ефименко С.А., Турцевич А.С. — Электрон. текстовые данные. — Москва: Техносфера, 2013. — 228 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31876.html>. — ЭБС «IPRbooks»

II Дополнительная литература

3. Семенов Б.Ю. Силовая электроника: профессиональные решения / Семенов Б.Ю.. — Москва : СОЛОН-Пресс, 2019. — 416 с. — ISBN 978-5-91359-224-8. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/90408.html> — Режим доступа: для авторизир. пользователей

4. 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>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

5. Негадаев, В. А. Силовая электроника : учеб. пособие / В. А. Негадаев ; Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева. — Кемерово, 2020. — 125 с. ISBN 978-5-00137-161-8. — Режим доступа: через личный кабинет студента.

6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебно-методические издания, разработанные в ДОННТУ:

6. Преобразовательная техника [Электронный ресурс]: конспект лекций: [учеб. пособие] / Л. А. Васильев; ГОУВПО "ДОННТУ", Каф. электромеханики и

ТОЭ. – Электрон. дан. (1 файл: 3,3 Мб). – Донецк: ДОННТУ, 2021. – Систем. требования: Acrobat Reader. – Режим доступа: через личный кабинет студента.

7. Методические указания для выполнения лабораторных и расчетно-графических работ по дисциплине «Преобразовательная техника» [Электронный ресурс] : для студентов электротехнических профилей направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» / ГОУВПО «ДОННТУ», Каф. электромеханики и ТОЭ ; сост. Н.Н. Мирошниченко. – Электрон. дан. (1 файл: 2,9 Мб). – Донецк : ДОННТУ, 2021. – Систем. требования: Acrobat Reader. – Режим доступа: через личный кабинет студента.

Электронно-информационные ресурсы

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

7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Лекционные занятия:

Учебная аудитория №8.308 учебный корпус 8, для проведения лекционных занятий (мультимедийное оборудование: ноутбук, операционная система Microsoft Windows XP, Libreoffice 5.3.4.(2017), мультимедийный проектор EPSON EB-S72, экран настенный ELIIES SCREENS M84WV-91; специализированная мебель: доска аудиторная, парты, демонстрационные стенды и плакаты.). Возможность подключения к сети «Интернет».

2. Лабораторные работы:

Лаборатория электротехники №1.103 учебный корпус 1 (специализированная мебель: доска аудиторная, парты), специализированные лабораторные стенды по преобразовательной технике, измерительные приборы.

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).