

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



УТВЕРЖДАЮ:

Первый проректор

А.А. Каракозов

(подпись)

« 31 » марта 2023 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.09 Преобразовательная техника

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


Форма обучения	Очная	Очно-заочная	Заочная
Семестр	6	8	8
Общая трудоёмкость в з.е./часах	2,5 / 90	2,5 / 90	2,5 / 90
Контактная работа (час.)	53	22	12
Лекции (час.)	34	10	4
Лабораторные работы (час.)	17	8	2
Практические (семинарские) занятия (час.)	-	-	-
Самостоятельная работа (час.), в том числе	37	68	78
Курсовой проект/работа (семестр)	-	-	-
Контроль (экзамен/зачёт, час.):	зачет	зачет	зачет

Донецк 2023 г.

Рабочая программа дисциплины «Преобразовательная техника» составлена в соответствии с учебным планом по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» для направленности (профиля) «Электроснабжение» для 2022 года приёма по очной, очно-заочной, заочной формам обучения.

Составитель:

доцент кафедры «Электромеханика и ТОЭ», к.т.н., доцент

 Л.А. Васильев
(подпись)

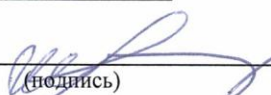
Рабочая программа **рассмотрена и принята** на заседании кафедры «Электромеханика и ТОЭ».

Протокол от « 13 » 03 2023 года № 7.

Заведующий кафедрой  Е.А. Журавель
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **согласована** с выпускающей кафедрой «Электроснабжение промышленных предприятий и городов»

Протокол от « 15 » 03 2023 года № 9.

Заведующий кафедрой  А.В. Левшов
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **одобрена учебно-методической комиссией** ДОННТУ по направлению (специальности) подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Протокол от « 23 » 03 2023 года № 3.

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

Рабочая программа **продлена** для 20__ года приёма на заседании кафедры «Электромеханика и ТОЭ».

Протокол от « ____ » _____ 20__ года № _____

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

Согласовано с выпускающей кафедрой «Электроснабжение промышленных предприятий и городов».

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

Рабочая программа **продлена** для 20__ года приёма на заседании кафедры «Электромеханика и ТОЭ».

Протокол от « ____ » _____ 20__ года № _____

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

Согласовано с выпускающей кафедрой «Электроснабжение промышленных предприятий и городов».

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

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 рассчитывать режимы работы электроэнергетических установок различного назначения, определять состав оборудования и его параметры, схемы электроэнергетических объектов (ПК-4);
- способность использовать технические средства для измерения основных параметров электроэнергетических и электротехнических объектов и систем и происходящих в них процессов (ПК-5).

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

№ те-мы	Наименование тем (содержательных модулей)	Количество часов (очная/заочная форма)				
		Всего	в том числе			
			Лекции	Лабор.	Практ. (семина.)	СРС
1	Тема 1 Силовые электронные ключи преобразовательных устройств	12/11/9	4/1/1	4/2/0	-	4/8/8
2	Тема 2. Преобразователи с сетевой коммутацией	28/27/27	12/3/1	4/2/2	-	12/22/24
3	Тема 3. Регуляторы постоянного тока.	14/13/13	4/1/1	4/2/0	-	6/10/12
4	Тема 4. Автономные инверторы	14/16/14	6/2/0	2/2/0	-	6/12/14
5	Тема 5. Системы управления преобразователями	7/7/9	2/1/1	2/0/0	-	3/6/8
6	Тема 6. Применение устройств силовой электроники	13/12/12	6/2/0	1/0/0	-	6/10/12
	Контактная работа (дополнительная)	2/4/6				
	Курсовая работа (проект)	-				
	Итого по видам занятий	90/90/90	34/10/4	17/8/2	-	37/68/78
	Контроль	-				
	ИТОГО	90/90/90				

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:

Классификация силовых электронных ключей. Силовые диоды. Силовые биполярные транзисторы. Силовые полевые транзисторы. IGBT. Силовые тиристоры. Силовые интегральные модули.

Литература к теме 1: [1, 2, 6].

Тема 2. Преобразователи с сетевой коммутацией.

Содержание темы 2:

Классификация и характеристики силовых полупроводниковых преобразователей. Однофазные выпрямители. Основные схемы выпрямления. Управляемые выпрямители. Особенности работы на разную нагрузку. Коммутация токов. Фильтры выпрямителей. Характеристики выпрямителей.

Трехфазные выпрямители по нулевой и мостовой схемам. Управляемые трехфазные выпрямители. Характеристики. Многофазные схемы выпрямления.

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

Тиристорные регуляторы переменного напряжения. Однофазные и трехфазные регуляторы с естественной коммутацией.

Полностью управляемые регуляторы переменного напряжения. Принципы импульсной модуляции. Регуляторы с непосредственным регулированием напряжения и регуляторы с вольтодобавкой.

Непосредственные преобразователи частоты. Трехфазно-однофазные и трехфазные НПЧ. Матричные преобразователи частоты. Принципы формирования выходного напряжения МПЧ.

Литература к теме 2: [1, 2, 6].

Тема 3. Регуляторы постоянного тока.

Содержание темы 3:

Регуляторы-стабилизаторы непрерывного действия. Параметрические и компенсационные стабилизаторы напряжения. Импульсные регуляторы постоянного напряжения. Основные типы. Импульсные регуляторы с понижением напряжения и с повышением напряжения. Импульсные регуляторы с рекуперацией энергии. Каскадные импульсные регуляторы.

Литература к теме 3: [1, 2, 6].

Тема 4. Автономные инверторы.

Содержание темы 4:

Автономные инверторные напряжения. Однофазный мостовой инвертор. Широтно-импульсное регулирование. Формирование и регулирование синусоидальности выходного напряжения методом широтно-импульсной модуляции. Трехфазный мостовой инвертор напряжения. Способы регулирования выходного напряжения АИН.

Автономные инверторы тока. Однофазные инверторы тока на тиристорах и на полностью управляемых ключах. Инвертор тока с отсекающими диодами. Трехфазные инверторы тока. Трехфазные инверторы тока на тиристорах и на полностью управляемых ключах. Способы регулирования выходного напряжения АИТ.

Преобразователи частоты с промежуточным звеном постоянного тока. Преобразователи частоты с автономным инвертором тока. Преобразователи частоты с автономным инвертором напряжения. Многоуровневые преобразователи частоты.

Литература к теме 4: [1, 2, 6].

Тема 5. Системы управления вентильными преобразователями.

Содержание темы 5:

Требования к системе управления. Принципы построения систем управления. Системы с фазовым управлением. Системы с импульсным управлением.

Литература к теме 5: [1, 2, 6].

Тема 6. Применение устройств силовой электроники.

Содержание темы 6:

Применение преобразователей в электроэнергетике и электроснабжении. Передача электроэнергии. Повышение качества электроэнергии. Влияние преобразовательных устройств на питающую сеть. Обеспечение электромагнитной совместимости преобразовательных устройств с сетью. Фильтро-компенсирующие устройства. Активные фильтры. Компенсаторы реактивной мощности. Источники бесперебойного питания.

Применение преобразователей в электроприводе. Управление машинами постоянного тока. Управление асинхронными двигателями. Управление синхронными двигателями.

Применение преобразователей в электротехнологиях и светотехнике.

Применение преобразователей на транспорте.

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/ очно-заочная/ заочная	Литература
1	Элементная база силовых преобразовательных устройств	2/0/0	[7]
2	Исследование силовых полупроводниковых ключей	2/2/0	[7]
3	Исследование управляемого выпрямителя	2/2/2	[7]
4	Исследование тиристорного регулятора переменного напряжения	2/0/0	[7]
5	Исследование тиристорного преобразователя постоянного тока	2/2/0	[7]
6	Исследование импульсного преобразователя постоянного напряжения	2/0/0	[7]
7	Исследование автономного инвертора напряжения	2/2/0	[7]
8	Исследование схемы управления тиристорным преобразователем	2/0/0	[7]
9	Заключительное занятие в лаборатории	1/0/0	
ИТОГО		17/8/2	

3.5. Самостоятельная работа студента

№ п/п	Виды самостоятельной работы студента	Объем, час. очная/очно-заочная/ заочная
1	Изучение лекционного материала в течение семестра	20/47/66
2	Подготовка к лабораторным работам	17/12/3
3	Подготовка к практическим занятиям	-
4	Выполнение курсового проекта (работы)	-
5	Выполнение индивидуального задания	0/9/9
ИТОГО		37/68/78

3.6 Курсовой проект (работа), индивидуальное задание

Курсовой проект (работа) по дисциплине учебным планом не предусмотрен. Индивидуальное задание предусмотрено при заочной форме 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 и очно-заочной 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*	

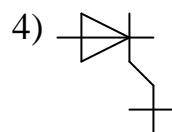
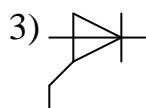
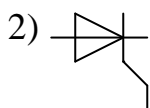
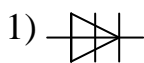
4.3 Пример текущего опроса на лабораторных занятиях

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).