

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



**УТВЕРЖДАЮ:**

Первый проректор

А.А. Каракозов

03 20 23 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): Электроэнергетические системы и сети  
(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	8	8	8
Общая трудоёмкость в з.е./часах	2 / 72	2 / 72	2 / 72
Контактная работа (час.)	34	22	10
Лекции (час.)	16	10	2
Лабораторные работы (час.)	16	8	2
Практические (семинарские) занятия (час.)	-	-	-
Самостоятельная работа (час.), в том числе	38	50	62
Курсовой проект/работа (семестр)	-	-	-
Контроль (экзамен/зачёт, час.):	зачет	зачет	зачет

Донецк 2023 г.

**Составитель:**

Л.А. Васильев

Протокол от «13» 03 2023 года № 7.

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

Протокол от « 07 » 03 2023 года № 3.

Заведующий кафедрой Д.В. Полковниченко  
(подпись) (Ф.И.О.)

Протокол от «26» 03 2023 года № 3.

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

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.)

Протокол от «      »                      20       года №      

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.)

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);

## **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	10/9/6	2/1/0	4/2/0	-	4/6/6
2	Тема 2. Преобразователи с сетевой коммутацией	20/23/23	4/3/1	4/2/2	-	12/18/20
3	Тема 3. Регуляторы постоянного тока.	12/11/11	2/1/1	4/2/0	-	6/8/10
4	Тема 4. Автономные инверторы	10/12/12	2/2/0	2/2/0	-	6/8/12
5	Тема 5. Системы управления преобразователями	8/5/6	2/1/0	2/0/0	-	4/4/6
6	Тема 6. Применение устройств силовой электроники	10/8/8	4/2/0	0/0/0	-	6/6/8
	Контактная работа (дополнительная)	2/4/6				
	Курсовая работа (проект)	-				
	Итого по видам занятий	72/72/72	16/10/2	16/8/2	-	38/50/62
	Контроль	-				
	<b>ИТОГО</b>	<b>72/72/72</b>				

#### Формирование компетенций в результате освоения тем дисциплины

Компетенции	Темы дисциплины, нацеленные на выработку компетенции
ПК-4	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]
ИТОГО		16/8/2	

### 3.5. Самостоятельная работа студента

№ п/п	Виды самостоятельной работы студента	Объем, час. очная/очно-заочная/ заочная
1	Изучение лекционного материала в течение семестра	22/31/50
2	Подготовка к лабораторным работам	16/10/3
3	Подготовка к практическим занятиям	-
4	Выполнение курсового проекта (работы)	-
5	Выполнение индивидуального задания	0/9/9
ИТОГО		38/50/62

### 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 ESTS:

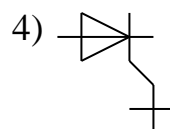
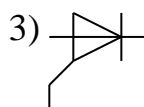
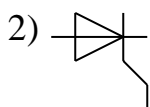
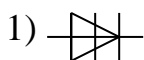
Сумма баллов по 100-бальной шкале	Оценка по шкале ECTS	Оценка по государственной шкале
90-100	A	зачтено
80-89	B	
75-79	C	
70-74	D	
60-69	E	
35-59	FX	не зачтено
0-34	F*	

### 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;
  - меньшее из максимально допустимых прямого в закрытом состоянии и обратного напряжений;
  - большее из максимально допустимых прямого в закрытом состоянии и обратного напряжений.
- 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.

## **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).