

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электрические и электронные аппараты

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА**


<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б4.Ч.02</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>6 семестр - 3;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>108 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>6 семестр - 14 часов;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>6 семестр - 14 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>6 семестр - 16 часов;</b>
<b>Консультации</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>6 семестр - 63,5 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b>	
<b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет</b>	<b>6 семестр - 0,5 часа;</b>

**Москва 2019**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Киселев М.Г.
	Идентификатор	R572ca413-KiselevMG-f37ee096

(подпись)


М.Г. Киселев

(расшифровка подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Курбатов П.А.
	Идентификатор	R1a0c0ffa-KurbatovPA-23b01cca

(подпись)

П.А. Курбатов

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей кафедрой

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Киселев М.Г.
	Идентификатор	R572ca413-KiselevMG-f37ee096

(подпись)

М.Г. Киселев

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Изучение современной элементной базой устройств силовой электроники, основных схем преобразователей электроэнергии, принципов работы и основных характеристик выпрямителей с различной нагрузкой, принципов действия автономных инверторов и способов управления транзисторными преобразователями.

### Задачи дисциплины

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-6 Способен принимать участие в проектировании, предлагать конкурентоспособные варианты технических решений и обосновывать выбор целесообразных проектных решений в соответствии с требованиями технического задания в области электрических и электронных аппаратов	ИД-3ПК-6 Применяет специализированное программное обеспечение при проектировании электрических и электронных аппаратов	знать: - Элементную базу устройств силовой электроники, принцип работы выпрямителей и их характеристики; - Принцип работы автономных инверторов и их характеристики.  уметь: - Применять методы анализа электрических цепей для расчета процессов в схемах выпрямителей; - Применять методы анализа электрических цепей для расчета процессов в схемах инверторов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к факультативным дисциплинам основной профессиональной образовательной программе Электрические и электронные аппараты (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основные понятия, электромагнитные явления и процессы, законы теории электрических и магнитных цепей
- знать методы анализа электрических цепей постоянного и переменного тока в стационарных и переходных режимах
- знать основные понятия функций комплексных переменных и методы решения алгебраических и дифференциальных уравнений
- уметь использовать методы анализа электрических цепей, рассчитывать режимы работы различных электрических схем
- уметь анализировать научно-техническую информацию, использовать современные компьютерные технологии
- уметь применять методы математического анализа и физические законы при решении электротехнических задач

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Выпрямители	58.5	6	7	8	9	-	-	-	-	-	34.5	-	<p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Выпрямители и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Выпрямители" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Выпрямители"</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Выпрямители". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 188-243 [2], 211-285</p>	
1.1	Элементная база силовой электроники. Классификация и области применения силовых электронных преобразователей	6		2	-	-	-	-	-	-	-	-	4		-
1.2	Однофазные выпрямители. Схемы, принцип работы, характеристики.	28		3	4	5	-	-	-	-	-	-	16		-
1.3	Трехфазные выпрямители. Схемы, принцип работы, характеристики	24.5		2	4	4	-	-	-	-	-	-	14.5		-
2	Инверторы	49		7	8	5	-	-	-	-	-	-	29		-
2.1	Однофазные автономные	27	3	4	5	-	-	-	-	-	-	15	-	<p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Инверторы и подготовка к контрольной работе</p>	

	инверторы. Схемы, принцип действия, способы управления.												<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Инверторы" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях
2.2	Трехфазные автономные инверторы. Схемы, принцип действия, способы управления.	16	2	4	-	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Инверторы"
2.3	Резонансные инверторы. Преобразователи частоты.	6	2	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Инверторы". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 275-302 [2], 346-414
	Зачет	0.5	-	-	-	-	-	-	-	0.5	-	-	
	Всего за семестр	108.0	14	16	14	-	-	-	-	0.5	63.5	-	
	Итого за семестр	108.0	14	16	14	-	-	-	-	0.5	63.5	-	

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### 3.2 Краткое содержание разделов

#### 1. Выпрямители

1.1. Элементная база силовой электроники. Классификация и области применения силовых электронных преобразователей

Силовая электроника и основные этапы ее развития. Силовые полупроводниковые приборы (диоды, биполярные транзисторы, полевые транзисторы, биполярные транзисторы с изолированным затвором, тиристоры, запираемые тиристоры). Применение пассивных компонентов в силовых электронных устройствах (трансформаторы, реакторы, конденсаторы). Основные типы силовых электронных преобразователей электроэнергии и их функциональное назначение. Применение устройств силовой электроники..

1.2. Однофазные выпрямители. Схемы, принцип работы, характеристики.

Однофазные схемы неуправляемых и управляемых выпрямителей (однополупериодная, со средней точкой, мостовая) с активной и активно индуктивной нагрузкой, работа на противо ЭДС. Регулировочные, нагрузочные и энергетические характеристики. Процессы коммутации в схемах выпрямителей. Пульсации выпрямленного напряжения. Сглаживающие фильтры..

1.3. Трехфазные выпрямители. Схемы, принцип работы, характеристики

Трехфазная схема со средней точкой. Трехфазный мостовой выпрямитель на диодах и тиристорах. Работа при активной и активно индуктивной нагрузке. Регулировочные характеристики. Работа преобразователей в режиме зависимого инвертора (инверторы, ведомые сетью)..

#### 2. Инверторы

2.1. Однофазные автономные инверторы. Схемы, принцип действия, способы управления.

Инвертор тока на основе тиристоров с принудительной коммутацией. Инвертор тока на полностью управляемых электронных ключах с активно емкостной нагрузкой. Полумостовая и мостовая схемы инвертора напряжения с активно индуктивной нагрузкой. Регулирование выходного напряжения и тока в схемах инверторов. Широтно-импульсная модуляция. Выходные фильтры автономных инверторов..

2.2. Трехфазные автономные инверторы. Схемы, принцип действия, способы управления.

Трехфазные мостовые схемы инверторов напряжения и инверторов тока на транзисторах. Способы управления трехфазным инвертором напряжения (методы 180 и 120 градусной коммутации). Мостовая схема с управлением методом синусоидальной широтно-импульсной модуляции. Особенности работы трехфазной мостовой схемы с нейтральным проводником при активно индуктивной нагрузке. Внешние и энергетические характеристики..

2.3. Резонансные инверторы. Преобразователи частоты.

Принцип действия резонансных преобразователей. Схемы последовательных резонансных инверторов на тиристорах. Принцип прямого преобразования частоты (непосредственные тиристорные преобразователи частоты). Трехфазно однофазная схема. Трехфазные тиристорные преобразователи частоты. Уменьшение искажения выходного напряжения. Преобразователи частоты со звеном постоянного тока..

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Решение задач на трехфазные инверторы напряжения и тока;
2. Решение задач на однофазные инверторы напряжения и тока;
3. Решение задач на трехфазные выпрямители;
4. Решение задач на однофазные выпрямители с активной и активно-индуктивной нагрузками;
5. Применение методов математического анализа и методов расчетов электрических цепей.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Однофазные тиристорные выпрямители;
2. Трехфазные тиристорные выпрямители;
3. Однофазные инверторы с ШИМ-модуляцией;
4. Трехфазные инверторы с ШИМ-модуляцией.

### **3.5 Консультации**

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)		Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	
<b>Знать:</b>				
Принцип работы автономных инверторов и их характеристики	ИД-3ПК-6		+	Контрольная работа/Инверторы
Элементную базу устройств силовой электроники, принцип работы выпрямителей и их характеристики	ИД-3ПК-6	+		Контрольная работа/Тиристорные выпрямители
<b>Уметь:</b>				
Применять методы анализа электрических цепей для расчета процессов в схемах инверторов	ИД-3ПК-6		+	Контрольная работа/Инверторы
Применять методы анализа электрических цепей для расчета процессов в схемах выпрямителей	ИД-3ПК-6	+		Контрольная работа/Тиристорные выпрямители



## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**6 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Инверторы (Контрольная работа)
2. Тиристорные выпрямители (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

Зачет (Семестр №6)

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».

В диплом выставляется оценка за 6 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Розанов, Ю. К. Силовая электроника : учебник для вузов по направлению "Электротехника и электротехника" / Ю. К. Розанов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – 2-е изд., испр. и перераб . – М. : Изд-во МЭИ, 2018 . – 508 с. - Победитель Всероссийского конкурса рукописей учебной, научно-технической и справочной литературы по энергетике 2017 г. - ISBN 978-5-7046-1988-8 .

[http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=10744;](http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=10744)

2. Розанов Ю.К.- "Силовая электроника", Издательство: "МЭИ", Москва, 2021  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014486.html>.

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux.

### **5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:**

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>

2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>

3. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных	ЭЭА-1, Лекционная	парта, стол преподавателя, стул, мультимедийный проектор, экран, доска

занятий и текущего контроля	аудитория каф. "ЭМЭЭА"	маркерная, наборы демонстрационного оборудования
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	ЭЭА-13, Аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, экран, доска маркерная, наборы демонстрационного оборудования
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	ЭЭА-10а, Лаборатория каф. "ЭМЭЭА"	стул, шкаф для хранения инвентаря, набор инструментов для профилактического обслуживания оборудования, верстак слесарный, инвентарь учебный, книги, учебники, пособия, запасные комплектующие для оборудования
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	ЭЭА-1, Лекционная аудитория каф. "ЭМЭЭА"	парта, стол преподавателя, стул, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, наборы демонстрационного оборудования
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	ЭЭА-12, Аудитория	рабочее место сотрудника, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, ноутбук, компьютер персональный, книги, учебники, пособия
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	ЭЭА-2б, Архив	стол, стул, документы

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

## Силовая электроника

(название дисциплины)

## 6 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

КМ-1 Тиристорные выпрямители (Контрольная работа)

КМ-2 Инверторы (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2
		Неделя КМ:	8	13
1	Выпрямители			
1.1	Элементная база силовой электроники. Классификация и области применения силовых электронных преобразователей		+	
1.2	Однофазные выпрямители. Схемы, принцип работы, характеристики.		+	
1.3	Трехфазные выпрямители. Схемы, принцип работы, характеристики		+	
2	Инверторы			
2.1	Однофазные автономные инверторы. Схемы, принцип действия, способы управления.			+
2.2	Трехфазные автономные инверторы. Схемы, принцип действия, способы управления.			+
2.3	Резонансные инверторы. Преобразователи частоты.			+
Вес КМ, %:			50	50