

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

Направление подготовки/специальность: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Промышленная электроника

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
УПРАВЛЕНИЕ УСТРОЙСТВАМИ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.01.15
Трудоемкость в зачетных единицах:	8 семестр - 6;
Часов (всего) по учебному плану:	216 часов
Лекции	8 семестр - 28 часа;
Практические занятия	8 семестр - 28 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	8 семестр - 16 часов;
Самостоятельная работа	8 семестр - 139,2 часа;
в том числе на КП/КР	8 семестр - 53,7 часа;
Иная контактная работа	8 семестр - 4 часа;
включая: Тестирование Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	8 семестр - 0,5 часа;
Защита курсовой работы	8 семестр - 0,3 часа;
	всего - 0,8 часа

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Асташев М.Г.
	Идентификатор	R7a29e524-AstashevMG-05831867

М.Г. Асташев

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рашитов П.А.
	Идентификатор	R66e8dfb1-RashitovPA-1953162c

П.А. Рашитов

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Асташев М.Г.
	Идентификатор	R7a29e524-AstashevMG-05831867

М.Г. Асташев

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Изучение методов и алгоритмов управления устройствами силовой электроники и освоение принципов построения их систем управления

Задачи дисциплины

- освоение методов и алгоритмов управления устройствами силовой электроники различного назначения;
- формирование навыков построения систем управления устройствами силовой электроники.

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-2 Способен выполнять расчет и проектирование устройств электроники и нанoeлектроники и их систем	ИД-2 _{ПК-2} Умеет проводить расчеты и исследование характеристик устройств и систем электроники и нанoeлектроники	знать: - основные источники и нагрузки сетевых и автономных полупроводниковых преобразователей электрической энергии, требования, методы управления ими. уметь: - производить расчет базовых блоков систем управления сетевыми полупроводниковыми преобразователями (устройствами силовой электроники); - проектировать системы управления устройствами силовой электроники на основе аналоговых и цифровых компонентов; - производить расчет базовых блоков систем управления автономными полупроводниковыми преобразователями (устройствами силовой электроники).

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Промышленная электроника (далее – ОПОП), направления подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

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 6 зачетных единиц, 216 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	Основные понятия. Типовые узлы и технические решения	33	8	8	-	8	-	-	-	-	-	17	-	<p><u>Подготовка курсовой работы:</u> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по разделам дисциплины, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения.</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Основные понятия. Типовые узлы и технические решения"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 11-29, 208-262 [2], стр. 295-305</p>
1.1	Задачи управления устройствами силовой электроники. Характеристики первичных источников питания и типовых нагрузок силовых полупроводниковых преобразователей	16		4	-	4	-	-	-	-	-	8	-	
1.2	Типовые узлы систем управления устройств силовой электроники	17		4	-	4	-	-	-	-	-	9	-	
2	Системы управления полупроводниковыми преобразователями	54		16	-	16	-	-	-	-	-	22	-	
2.1	Управление сетевыми силовыми полупроводниковыми преобразователями	28		8	-	8	-	-	-	-	-	12	-	
2.2	Управление автономными силовыми полупроводниковыми преобразователями	26	8	-	8	-	-	-	-	-	10	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Системы управления полупроводниковыми преобразователями"</p> <p><u>Подготовка курсовой работы:</u> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по разделам дисциплины, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения.</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p>	

													[3], стр. 370-395 [4], стр. 85-137	
3	Автоматическое управление выходными параметрами устройств силовой электроники	21	4	-	4	-	-	-	-	-	-	13	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Автоматическое управление выходными параметрами устройств силовой электроники" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], стр. 113-190
3.1	Выходные параметры устройств силовой электроники	10	2	-	2	-	-	-	-	-	-	6	-	
3.2	Устройства силовой электроники в составе энергетических и промышленных систем	11	2	-	2	-	-	-	-	-	-	7	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	-	0.5	-	33.5	
	Курсовая работа (КР)	72.0	-	-	-	14	-	4	-	-	0.3	53.7	-	
	Всего за семестр	216.0	28	-	28	14	2	4	-	-	0.8	105.7	33.5	
	Итого за семестр	216.0	28	-	28	16		4			0.8	139.2		

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. Основные понятия. Типовые узлы и технические решения

1.1. Задачи управления устройствами силовой электроники. Характеристики первичных источников питания и типовых нагрузок силовых полупроводниковых преобразователей

Классификация устройств силовой электроники (УСЭ) по наличию и характеру нагрузки. Первичные источники электропитания устройств силовой электроники, их характеристики и схемы замещения. Типовые нагрузки устройств силовой электроники и их математические (имитационные) модели.

1.2. Типовые узлы систем управления устройств силовой электроники

Драйверы силовых полупроводниковых ключей. Гальваническая развязка информационных цепей. Датчики регулируемых / контролируемых параметров УСЭ и нагрузки. Цифровые и аналоговые генераторы импульсов, источники управляющих сигналов, модуляторы, фильтры. Организация питания узлов систем управления. Индикация.

2. Системы управления полупроводниковыми преобразователями

2.1. Управление сетевыми силовыми полупроводниковыми преобразователями

Основные типы сетевых УСЭ, их принципы работы: управляемые тиристорные выпрямители, зависимые инверторы, реверсивные преобразователи, преобразователи частоты с непосредственной связью, тиристорные коммутаторы переменного тока, статические тиристорные компенсаторы. Регулировочные характеристики сетевых УСЭ. Методы управления ключами сетевых УСЭ. Системы импульсно-фазового управления: одноканальные и многоканальные. Раздельное и совместное управление вентильными комплектами реверсивных преобразователей.

2.2. Управление автономными силовыми полупроводниковыми преобразователями

Основные типы автономных УСЭ, их принципы работы: импульсные регуляторы напряжения, корректоры коэффициента мощности, автономные инверторы, активные выпрямители. Методы модуляции. Методы регулирования выходных электрических параметров автономных УСЭ.

3. Автоматическое управление выходными параметрами устройств силовой электроники

3.1. Выходные параметры устройств силовой электроники

Автоматические регуляторы пропорционального и интегрального типов, их реализация на элементной базе аналоговой и цифровой электроники, настройка параметров. Выходные параметры устройств силовой электроники: напряжение, ток, мощность. Участки внешней характеристики со стабилизацией различных параметров. Выходные параметры устройств силовой электроники в сетях переменного тока: частота, активная и реактивная мощности.

3.2. Устройства силовой электроники в составе энергетических и промышленных систем

Основные решаемые задачи: распределение мощности в энергетических системах; электропривод; системы автономного электропитания; технологические установки. SCADA: основные понятия.

3.3. Темы практических занятий

1. Основные типы сетевых УСЭ, их принципы работы: управляемые тиристорные выпрямители, зависимые инверторы, реверсивные преобразователи, преобразователи частоты с непосредственной связью. Регулировочные характеристики сетевых УСЭ;
2. Одноканальные системы импульсно-фазового управления. Раздельное управление вентильными комплектами реверсивных преобразователей;
3. Методы регулирования выходных электрических параметров автономных УСЭ. Автоматические регуляторы пропорционального типа;
4. Основные типы автономных УСЭ, их принципы работы: импульсные регуляторы напряжения, корректоры коэффициента мощности;
5. Типовые нагрузки УСЭ и их математические (имитационные) модели;
6. Методы регулирования выходных электрических параметров автономных УСЭ. Автоматические регуляторы пропорционально-интегрального типа;
7. Одноканальные системы импульсно-фазового управления. Совместное управление вентильными комплектами реверсивных преобразователей;
8. Многоканальные системы импульсно-фазового управления. Раздельное и совместное управление вентильными комплектами реверсивных преобразователей;
9. Основные типы сетевых УСЭ, их принципы работы: методы управления ключами сетевых УСЭ;
10. Драйверы силовых полупроводниковых ключей. Гальваническая развязка информационных цепей. Датчики регулируемых / контролируемых параметров УСЭ и нагрузки;
11. Основные типы автономных УСЭ, их принципы работы: автономные инверторы, активные выпрямители. Методы модуляции;
12. Первичные источники электропитания УСЭ, их характеристики и схемы замещения;
13. Основные типы сетевых УСЭ, их принципы работы: тиристорные коммутаторы переменного тока, статические тиристорные компенсаторы. Регулировочные характеристики сетевых УСЭ;
14. Цифровые и аналоговые генераторы импульсов, источники управляющих сигналов, модуляторы, фильтры. Организация питания узлов систем управления. Индикация.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПП)

1. Структура системы управления. Принципы управления преобразователями различного типа. Критерии выбора
2. Разработка и расчет узлов системы управления. Цифровые и аналоговые СУ
3. Основные интерфейсы управления и диагностики промышленных установок

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Основные понятия, узлы, структура системы. Назначение блоков и узлов, решаемые задачи
2. Особенности системы управления и решаемых ею задач в зависимости от типа преобразователя
3. Управление и диагностики промышленных установок - интерфейсы, примеры применяемых технических решений

Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Структура системы управления. Критерии выбора
2. Разработка и расчет узлов системы управления. Методы разработки и расчета
3. Управления и диагностики промышленных установок - цели, типовые решения

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ 8 Семестр

Курсовая работа (КР)

Темы:

- Разработка системы управления АИН с синусоидальным выходным напряжением 230 В, 50 Гц.
- Разработка системы управления выпрямителя с выходным напряжением 27 В и мощностью 6 кВт.
- Разработка системы управления выпрямителя с выходным напряжением 27 В и мощностью 100 Вт.
- Разработка системы управления источника постоянного тока с регулируемым напряжением от 3 В до 40 В и током до 500 А

График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 4	5 - 8	9 - 12	13 - 14	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	3	4	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	20	25	45	10	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	20	45	90	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Ознакомление с заданием на проект, с методическими указаниями, алгоритмом проектирования и характеристикой исходных данных курсового проекта. Разработка требований к системе управления силовым полупроводниковым преобразователем
2	Разработка функциональной схемы системы управления
3	Разработка основных схемотехнических решений по построению системы управления, выбор компонентной базы
4	Оформление материалов курсового проекта

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	3	
Знать:					
основные источники и нагрузки сетевых и автономных полупроводниковых преобразователей электрической энергии, требования, методы управления ими	ИД-2ПК-2	+			Тестирование/Типовые источники питания и нагрузки силовых полупроводниковых преобразователей
Уметь:					
производить расчет базовых блоков систем управления автономными полупроводниковыми преобразователями (устройствами силовой электроники)	ИД-2ПК-2		+		Контрольная работа/Система управления автономным полупроводниковым преобразователем
проектировать системы управления устройствами силовой электроники на основе аналоговых и цифровых компонентов	ИД-2ПК-2			+	Контрольная работа/Замкнутая система автоматического управления полупроводниковым преобразователем
производить расчет базовых блоков систем управления сетевыми полупроводниковыми преобразователями (устройствами силовой электроники)	ИД-2ПК-2		+		Контрольная работа/Система управления сетевым полупроводниковым преобразователем

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

8 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Замкнутая система автоматического управления полупроводниковым преобразователем (Контрольная работа)
2. Система управления автономным полупроводниковым преобразователем (Контрольная работа)
3. Система управления сетевым полупроводниковым преобразователем (Контрольная работа)
4. Типовые источники питания и нагрузки силовых полупроводниковых преобразователей (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №8)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

Курсовая работа (КР) (Семестр №8)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 8 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Справочник по силовой электронике / Ю. К. Розанов, П. А. Воронин, С. Е. Рывкин, Е. Е. Чаплыгин ; ред. Ю. К. Розанов . – М. : Издательский дом МЭИ, 2014 . – 472 с. - ISBN 978-5-383-00872-0 .;
2. Мелешин, В. И. Управление транзисторными преобразователями электроэнергии / В. И. Мелешин, Д. А. Овчинников . – М. : Техносфера, 2011 . – 576 с. – (Мир радиоэлектроники) . - ISBN 978-5-94836-260-1 .;
3. Забродин, Ю. С. Промышленная электроника : Учебник для энергетических и электромеханических специальностей вузов / Ю. С. Забродин . – 2-е изд., стер . – М. : Альянс, 2008 . – 496 с. - ISBN 978-5-903034-34-5 .;
4. Розанов Ю. К., Рябчицкий М. В., Кваснюк А. А.- "Силовая электроника", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2016 - (632 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72283.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Е-101б, Компьютерный класс	стол, стул, шкаф, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
	Б-305, Учебная аудитория	парта со скамьей, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-101б, Компьютерный класс	стол, стул, шкаф, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Е-101б, Компьютерный класс	стол, стул, шкаф, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-101, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-201, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Е-324/1, Преподавательская каф."Пром.эл."	стол, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды
Помещения для хранения	Е-324/5, Методический	парта, стул, вешалка для одежды,

оборудования и учебного инвентаря	кабинет каф. "Пром.эл."	компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная передвижная, ноутбук
-----------------------------------	----------------------------	---

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Управление устройствами силовой электроники

(название дисциплины)

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Типовые источники питания и нагрузки силовых полупроводниковых преобразователей (Тестирование)
- КМ-2 Система управления сетевым полупроводниковым преобразователем (Контрольная работа)
- КМ-3 Система управления автономным полупроводниковым преобразователем (Контрольная работа)
- КМ-4 Замкнутая система автоматического управления полупроводниковым преобразователем (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	14
1	Основные понятия. Типовые узлы и технические решения					
1.1	Задачи управления устройствами силовой электроники. Характеристики первичных источников питания и типовых нагрузок силовых полупроводниковых преобразователей		+			
1.2	Типовые узлы систем управления устройств силовой электроники		+			
2	Системы управления полупроводниковыми преобразователями					
2.1	Управление сетевыми силовыми полупроводниковыми преобразователями			+		
2.2	Управление автономными силовыми полупроводниковыми преобразователями				+	
3	Автоматическое управление выходными параметрами устройств силовой электроники					
3.1	Выходные параметры устройств силовой электроники					+
3.2	Устройства силовой электроники в составе энергетических и промышленных систем					+
Вес КМ, %:			10	30	30	30

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА
КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Управление устройствами силовой электроники

(название дисциплины)

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:

- КМ-1 Проверка и согласование разработанных требований к системе управления силовым полупроводниковым преобразователем
- КМ-2 Проверка и согласование функциональной схемы системы управления
- КМ-3 Проверка и согласование основных схемотехнических решений по построению системы управления
- КМ-4 Нормоконтроль оформления материалов курсового проекта

Вид промежуточной аттестации – защита КР.

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	14
1	Ознакомление с заданием на проект, с методическими указаниями, алгоритмом проектирования и характеристикой исходных данных курсового проекта. Разработка требований к системе управления силовым полупроводниковым преобразователем		+			
2	Разработка функциональной схемы системы управления			+		
3	Разработка основных схемотехнических решений по построению системы управления, выбор компонентной базы				+	
4	Оформление материалов курсового проекта					+
Вес КМ, %:			20	25	45	10