

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Карякин Андрей Висоводович
Должность: Руководитель НТИ НИЯУ МИФИ
Дата подписания: 04.07.2023 11:39:09
Уникальный программный ключ:
2e905c9a64921c9c9b6e02a1d35ca145f7838874

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Новоуральский технологический институт –
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего
образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

УТВЕРЖДЕНА
Ученым советом НТИ НИЯУ МИФИ
Протокол № 4 от 30.08.2021 г.

Рабочая программа учебной дисциплины
« СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ»

Направление подготовки (специальность)	11.03.04 Электроника и наноэлектроника
Профиль подготовки (специализация)	Промышленная электроника
Квалификация (степень) выпускника	Бакалавр
Форма обучения	Очная

г. Новоуральск, 2021

Семестр	7
Трудоемкость, ЗЕТ	3 ЗЕТ
Трудоемкость, ч.	108 ч.
Аудиторные занятия, в т.ч.:	54 ч.
- лекции	36 ч.
- практические занятия	
- лабораторные занятия	18 ч.
- курсовой проект (работа)	
Самостоятельная работа	18 ч.
Занятия в интерактивной форме	18 ч.
Форма итогового контроля	экзамен

Рабочую программу составил доцент кафедры «Промышленной электроники» Посконный Г.И., к.т.н., доцент.

СОДЕРЖАНИЕ

1	ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
2	МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП.....	5
3	КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, СФОРМИРОВАННЫЕ В РЕЗУ- ЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ.....	6
4	СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ.....	7
	4.1 Распределение аудиторных занятий по учебным неделям.....	7
	4.2 Структура курса.....	8
	4.3 Календарный план курса.....	9
	4.4 Содержание лекционных занятий.....	11
	4.5 Лабораторный практикум.....	12
5	ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	12
6	САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТА.....	13
7	ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	14
8	ПЕРЕЧЕНЬ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ ВОПРОСОВ ПО КУРСУ.....	15
9	УЧЕБНО–МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ.....	16
10	МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ.....	17

1 ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом (ФГОС-3) высшего профессионального образования, утвержденным 21 декабря 2009 г. (регистрационный номер 743), по подготовке бакалавров по направлению 210100 «Электроника и микроэлектроника».

Дисциплина «Системы управления преобразовательными устройствами» принадлежит к профессиональному циклу подготовки бакалавров; введена в учебный план решением ученого Совета вуза как вузовская (региональная) компонента.

Согласно ФГОС высшего профессионального образования по направлению «Электроника и микроэлектроника» студент должен быть подготовлен, в числе прочего, к решению следующих профессиональных задач:

- измерениям в объектах электронной и микроэлектронной техники, а также их экспериментального исследования;
- построению физико-математических моделей объектов электронной техники на базе достижений фундаментальных наук;
- математическому моделированию разрабатываемых структур, приборов, устройств;

Для этого бакалавр должен уметь:

- проводить экспериментальное исследование объектов электроники;
- разрабатывать математические модели электронных устройств;
- выполнять их математическое моделирование;
- представлять результаты экспериментальных исследований и моделирования в форме, удобной для принятия решений (отчеты, обзоры и другая документация);
- приобретать новые знания в решении профессиональных задач.

Основной целью курса является ознакомление с основными типами систем управления преобразовательными устройствами, принципами их работы, основными

ми схемотехническими решениями, которые приняты при реализации структурных элементов систем управления.

В результате изучения курса студент должен знать основные принципы импульсно-фазового управления преобразовательными устройствами, основные типы систем управления выпрямительными устройствами, их структуру и характеристики, особенности их построения; основные типы и особенности построения систем управления реверсивными преобразователями постоянного напряжения и импульсными преобразователями; основные типы и особенности построения систем управления автономными инверторами. Необходимо, чтобы студент умел давать оценку влияния преобразовательных устройств на их электромагнитную совместимость с питающей сетью. Кроме того, студент должен быть ознакомлен с примерами реализации систем управления на современной элементной базе и с микропроцессорными системами управления.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Курс «Системы управления преобразовательными устройствами» входит в вариативную часть профессионального цикла (раздел «Б3» Государственного образовательного стандарта). Изучать курс рекомендуется в 7 семестре.

Для успешного освоения дисциплины студент должен иметь необходимые компетенции, приобретенные после изучения следующих курсов:

- высшая математика;
- теоретические основы электротехники;
- теория автоматического управления;
- элементы электронной техники;
- силовая электроника;
- основы микропроцессорной техники.

3 КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, СФОРМИРОВАННЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение курса «Системы управления преобразовательными устройствами» (согласно компетентностной модели выпускника, обучающегося по программе бакалавриата «Электроника и микроэлектроника») направлено на формирование:

- **общефессиональных компетенций;**
- **компетенций в научно-исследовательской деятельности;**
- **специальных компетенций.**

В результате изучения дисциплины студент должен:

1) **знать** (КМ.П.ОП.0.1, КМ.П.НИ.0.2, КМ.П.С.0.1):

- основные типы систем управления выпрямительными устройствами;
- структуру, характеристики, особенности их построения;
- основные типы и особенности построения систем управления реверсивными преобразователями постоянного напряжения;
- основные типы и особенности построения систем управления импульсными преобразователями;
- основные типы и особенности построения систем управления автономными инверторами.

2) **уметь** (КМ.П.ОП.0.1, КМ.П.НИ.0.2, КМ.П.С.0.1):

- проводить эксперименты по заданной методике, составлять описание проводимых исследований и анализировать полученные результаты;
- пользоваться учебной и справочной литературой по дисциплине, ресурсами сети Интернет для получения необходимой информации и при выполнении самостоятельной работы;

3) **быть в состоянии продемонстрировать (владеть):**

- методы обработки и анализа результатов эксперимента; навыки оформления текстовой технической документации согласно требованиям СТО и ГОСТ;

– навыки поиска информации в учебной, справочной, методической литературе (в иных источниках, включая ресурсы сети Интернет) для решения поставленных задач теоретической, практической, экспериментальной направленности.

4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Распределение лекционных, практических и лабораторных занятий (в часах) по учебным неделям

7 семестр

4.1.1 лекционные часы

Неделя	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Часы	2	-	2	-	2	-	2	-	2	-	2	-	2	-	2	-	2	-

4.1.2 часы практических занятий

Неделя	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Часы	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	2	2	2	2	2	2	2

4.1.2 часы лабораторных занятий

Неделя	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Часы	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	2	2	2	2	2	2	2

4.2 Структура курса

Трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 часов)

Раздел	Название раздела учебной дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости
				Лекции	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	
1	2	3	4	5	7	8	9
1	Введение	9	1	1	-	-	-
2	Классификация систем управления выпрямителями. Характеристики СИФУ.	9	1	3	-	1	-
3	Аналоговые синхронные системы управления.	9	2-4	8	-	1	-
4	Аналоговые асинхронные системы управления.	9	5	4	-	4	КР 1
5	Цифровые СИФУ	9	6	2	-	2	
6	Управление реверсивными преобразователями	9	7	4	-	1	-
7	Системы управления инверторами	9	8,9	6	4 (11 нед)	2 ч.лек. +2 ч.ЛР	-
8	Управление импульсными преобразователями постоянного напряжения	9	10,12	3	4 (13 нед)	3 ч.лек. +2 ч.ЛР	КР 2
9	Управление преобразователями частоты	9	12,14, 16	4	4 (15 нед)	2 ч.лек. +2 ч.ЛР	ДЗ (12–17 нед)
10	Микропроцессорные системы управления преобразователями	9	16,18	3	4 (17 нед)	2 ч.лек. +2 ч.ЛР	-

4.3 Календарный план курса

Неделя	Аудиторные занятия			Самостоятельная работа				
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Изучение теоретического материала	Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы	Подготовка к практическим занятиям	Выполнение домашних заданий	Написание реферата, конспекта
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Л1, 2 час.	-	-	-	-	-	-	-
	Л2, 2 час.	-	-	1 час	-	-	-	-
2	Л3, 2 час.	-	-	1 час	-	-	-	-
3	Л4, 2 часа	-	-	1 час	-	-	-	-
	Л5, 2 часа	-	-	1 час	-	-	-	-
4	Л6, 2 часа	-	-	1 час	-	-	-	-
5	Л7, 2 часа	-	-	1 час	-	-	-	-
	Л8, 2 часа	-	-	1 час	-	2 часа (подг-ка к КР 1)	-	-
6	Л9, 2 часа	-	-	1 час	-	-	-	-
7	Л10, 2 часа	-	-	1 час	-	-	-	-
	Л11, 2 часа	-	-	1 час	-	-	-	-
8	Л12, 2 часа	-	-	1 час	-	2 часа (подг-ка к КР 2)	-	-
9	Л13, 2 час.	-	-	1 час	-	-	-	-
	Л14, 2 часа	-	-	1 час	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	Л15, часа	-	-	1 час	-	-	ДЗ-3часа	-
11	-	-	4 часа	-	2 часа	-	ДЗ-3часа	-
12	Л16, 2 часа	-	-	1 час	-	-	ДЗ-3часа	-
13	-	-	4 часа	-	2 часа	-	ДЗ-3часа	-
14	Л17, 2 часа	-	-	1 час	-	-	ДЗ-3часа	-
15	-	-	4 часа	-	2 часа	-	ДЗ-3часа	-
16	Л18, 2 часа	-	-	1 час	-	-	ДЗ-3часа	-
17	-	-	4 часа	-	2 часа	-	ДЗ-4часа	-
18	Л19, 2 часа	-	-	1 час	-	-	-	-
Всего (час)	38	-	16	17	8	4	25	-
	Аудиторные занятия – 54 часа			Самостоятельная работа студента в течение се - местра – 90 часов. Подготовки и сдача экзамена -36 часов.				

Обозначения:

Л - лекционное занятие,

ПР – практическое занятие;

ДЗ - домашнее задание;

КР – контрольная работа; проводится во время практических (либо лекционных) занятий;

К – конспект самостоятельно изучаемого материала.

4.4 Содержание лекционных занятий по курсу «Системы управления преобразовательными устройствами»

Неделя	Часы	Лекции	Темы и разделы лекционных занятий
1	2	3	4
1	4	Л1, Л2	Введение. Классификация систем управления выпрямителями. Характеристики СИФУ.
2 – 4	8	Л3 – Л6	Аналоговые синхронные системы управления. Многоканальные синхронные СИФУ. Структура многоканальных синхронных СИФУ. Асимметрия многоканальных синхронных СИФУ. Одноканальные синхронные СИФУ. Структура одноканальных синхронных СИФУ. Асимметрия одноканальных синхронных СИФУ.
5	4	Л7, Л8	Аналоговые асинхронные системы управления. Структура асинхронных СИФУ. Примеры реализации СИФУ.
6	2	Л9	Цифровые СИФУ. Структурные схемы, элементная база.
7	4	Л10, Л11	Управление реверсивными преобразователями. Структура систем управления реверсивными преобразователями. Совместное и раздельное управление. Внешние и регулировочные характеристики.
8, 9	6	Л12, Л13 Л14	Системы управления инверторами. Системы управления инверторами напряжения. Структура систем управления инверторами тока. Структура систем управления.
10, 12	4	Л15, Л16	Управление импульсными преобразователями постоянного напряжения. Структура, примеры реализации.
14, 16	4	Л17, Л18	Управление преобразователями частоты. Управление преобразователями частоты со звеном постоянного тока. Управление непосредственными преобразователями частоты. Особенности построения систем управления.
18	2	Л19	Микропроцессорные системы управления преобразователями. ШИМ в управлении автономными инверторами

4.5 Лабораторный практикум

Неделя семестра с учетом деления группы на две подгруппы	Раздел курса, порядковый номер работы	Название лабораторной работы	Мероприятие по текущему аудиторному контролю знаний
11 (12)	Раздел ЛР1	Изучение СИФУ с пилообразным и косинусоидальным опорным напряжением	T1
13 (14)	Раздел ЛР2	Изучение систем управления АИН и импульсного преобразователя постоянного напряжения.	T2
15 (16)	Раздел ЛР3	Изучение системы управления преобразователя частоты ТПТР-10-230-3200	T3
17 (18)	Раздел ЛР4	Изучение системы управления агрегата бесперебойного питания.	T4

Подготовленность студента к выполнению лабораторных работ осуществляется путем устного опроса (по контрольным вопросам методического пособия к выполнению лабораторных работ и тестам).

5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы курса «Системы управления преобразовательными устройствами» используются различные образовательные технологии. Аудиторные занятия (54 часа) проводятся в форме лекционных и лабораторных занятий. Для контроля усвоения студентами разделов данного курса применяются тестовые технологии (на кафедре формируется специальный банк контрольно-измерительных материалов КИМ). Самостоятельная работа студентов (54 часа) включает в себя

изучение лекционного материала с использованием рекомендуемой литературы, подготовку к лабораторному практикуму, выполнение домашнего задания. Виды самостоятельной работы и их трудоемкость описаны в разделе 6.

Для повышения уровня знаний студентов по курсу в течение семестра организуются консультации преподавателя (согласно графику консультаций кафедры «Промышленная электроника»). Во время консультационных занятий:

- проводится объяснение непонятных для студентов разделов теоретического курса;
- разъясняются алгоритмы решения задач индивидуальных домашних заданий;
- принимаются задолженности по тестовым и контрольным работам и т.д.

6 САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТА

№	Виды самостоятельной работы, трудоемкость	Часы
1	2	3
1	Проработка текущего лекционного материала	1 час./лек.
2	Подготовка к двум аудиторным контрольным работам	2 часа/работу
3	Подготовка к лабораторным работам (ЛР1-ЛР4)	2 час./работу
4	Выполнение домашнего задания (ДЗ) «Схемотехническая реализация некоторых структурных элементов СИФУ выпрямителей, инверторов, преобразователей DC/DC », включая его защиту	25 часов
1	2	3
6	Подготовка к сдаче экзамена	36 часов

6.1 Темы домашнего задания

В качестве домашнего задания студентам предлагается на основе заданных типов силовых элементов выпрямителей, автономных инверторов напряжения, преобразователей DC/DC разработать или найти в литературных источниках схемотехническую реализацию некоторых структурных элементов СИФУ

выпрямителей, автономных инверторов напряжения, преобразователей DC/DC, сделать подробное описание принципа их работы.

Перечень тем домашнего задания:

5.2.1 Схемотехническая реализация усилителей выходных каскадов (ВК) СИФУ выпрямителей (В) и автономных инверторов напряжения (АИН) на тиристорах;

5.2.2 Схемная реализация компараторов (нуль-органов) СИФУ В;

5.2.3 Реализация счетчиков, дешифраторов, распределителей импульсов в СИФУ В, АИН.

5.2.4 Интегральные микросхемы для управления силовыми ключами в преобразователях DC/DC.

7 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Итоговый контроль по окончании освоения дисциплины «Теория автоматического управления» проводится в форме экзамена, до которого допускаются студенты, выполнившие и защитившие лабораторные работы, а также домашнее задание. Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса. Максимальное количество баллов, которое студент может получить за отличный ответ, составляет 40 баллов. Оставшиеся 60 баллов набираются за работу в течение семестра:

– посещение всех лекций – 19 баллов;

– выполнение ЛР – 13 баллов;

– предоставление отчетов и защита ЛР – 9 баллов;

– выполнение ДЗ и его защита – 15 баллов;

– успешное написание аудиторных контрольных работ – 4 балла.

До экзамена допускаются студенты, набравшие в течение семестра не менее 40 баллов.

Критерии для получения положительной оценки на экзамене: оценка отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно ставится по результатам письменного ответа в зависимости от наличия и качества ответов на теоретические вопросы.

8 ПЕРЕЧЕНЬ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ ВОПРОСОВ

- 1 Назначение систем импульсно-фазового управления (СИФУ) выпрямителями.
- 2 Основные требования, предъявляемые к СИФУ.
- 3 Классификация СИФУ.
- 4 Фазоимпульсный способ управления включением тиристора.
- 5 Структура СИФУ с вертикальным принципом управления.
- 6 Схемная реализация основных структурных элементов СИФУ.
- 7 Передаточные характеристики системы «Управляемый выпрямитель – СИФУ» с пилообразным развертывающим напряжением.
- 8 Передаточные характеристики системы «Управляемый выпрямитель – СИФУ» с косинусообразным развертывающим напряжением.
- 9 Трансформаторное входное устройство (ВУ) для получения косинусообразного развертывающего напряжения.
- 10 Схемотехническое решение, обеспечивающее работу управляемого выпрямителя при посадке сетевого напряжения. Суть проблемы.
- 11 Многоканальные синхронные СИФУ. Преимущества, недостатки.
- 12 Пример структурной схемы многоканальной СИФУ однофазного двухполупериодного выпрямителя с высокой степенью симметрии угла управления.
- 13 Пример структурной схемы многоканальной СИФУ трехфазного выпрямителя с нулевым проводом и высокой степенью симметрии угла управления.
- 14 Пример структурной схемы многоканальной СИФУ трехфазного мостового выпрямителя с высокой степенью симметрии угла управления.
- 15 Особенности СИФУ трехфазного мостового выпрямителя с узкими импульсами управления.
- 16 Одноканальные синхронные СИФУ многофазных выпрямителей.
- 17 Одноканальные асинхронные СИФУ непрерывного слежения.
- 18 Системы управления автономными инверторами напряжения, тока. Структура

систем управления.

19 Управление импульсными преобразователями постоянного напряжения. Структура, примеры реализации.

20 Управление преобразователями частоты со звеном постоянного тока. Управление непосредственными преобразователями частоты. Особенности построения систем управления. Алгоритмы управления с применением ШИР, ШИМ.

21 Микропроцессорные системы управления преобразователями. ШИМ в управления автономными инверторами

9 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА

9.1 Основная литература

9.1.1 Г.С.Зиновьев Силовой электроники: учебное пособие для бакалавров / Г.С.Зиновьев. – 5 изд., испр. и доп. – М. Издательство Юрайт, 2012. – 667 с. – Серия: Бакалавр. Углубленный курс.

9.1.2 А.А.Ефимов Основы силовой электроники. Конспект лекций по курсу «Основы преобразовательной техники». – Новоуральск, НГТИ, 2004. – 163 с.

9.2 Дополнительная литература

9.2.1 Писарев А. Л., Деткин Л. П. “Управление тиристорными преобразователями” – М.: Энергия, 1975. – 264 с.

9.2.2 Управление непосредственными преобразователями частоты. / В. А. Бизиков, С. Г. Обухов, Е. Е. Чаплыгин. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 128 с.

9.2.3 Перельмутер В. М., Сидоренко В. А. “Системы управления тиристорными преобразователями постоянного тока” – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 304 с.

9.2.4 Калашников Б. Е. Системы управления автономными инверторами. – М.: Энергия, 1974. – 104 с.

9.3 Методическая литература

9.3.1 Ефимов А.А., Горяев К. В., Иванова Н.В. Лабораторный практикум по курсу “Системы управления преобразовательными устройствами” для студентов очной формы обучения по специальности 210106 “Промышленная электроника”. – Новоуральск, НГТИ, 2004. – 30 с.

9.4 Интернет-ресурсы

9.4.1 <http://e-library.ru>

10 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебная дисциплина обеспечена учебно-методической документацией и материалами. В библиотечном фонде представлены необходимые учебные пособия согласно нормативам ФГОС. Все рекомендуемые методические пособия и материалы по курсу имеются в электронном виде, на бумажных носителях, представлены в УМКД. Пособия хранятся на кафедре «Промышленная электроника» (аудитория 517), могут быть представлены в электронном читальном зале института. Электронные копии пособий также могут индивидуально предоставляться студентам по их запросу на кафедре. По указанному курсу имеются методические пособия для самостоятельной работы студентов. Студенты своевременно обеспечиваются индивидуальными вариантами домашних заданий. Варианты заданий имеются в электронном виде и представлены в УМКД. Студенты обеспечиваются методическими пособиями и руководствами по выполнению лабораторных работ не позднее, чем за две недели до проведения лабораторного практикума. Лабораторные работы по курсу осуществляются в специализированной лаборатории. Студенты проходят первичный инструктаж по технике безопасности.

Автор: Посконный Г.И.

к.т.н., доцент кафедры «Промышленная электроника» НТИ НИЯУ МИФИ

Программа одобрена на заседании кафедры «Промышленная электроника»

Протокол №_ от « »_ 20 г.

