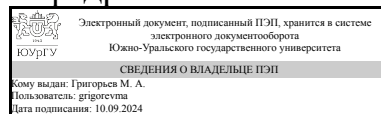


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



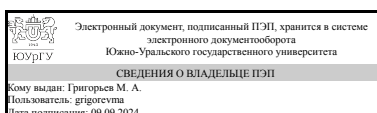
М. А. Григорьев

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.М0.08.02 Системы управления электроприводов и силовые преобразовательные установки
для направления 15.04.06 Мехатроника и робототехника
уровень Магистратура
магистерская программа Мехатроника
форма обучения очная
кафедра-разработчик Электропривод, мехатроника и электромеханика

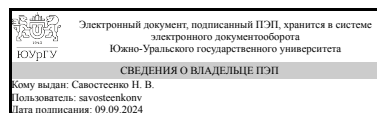
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.04.06 Мехатроника и робототехника, утверждённым приказом Минобрнауки от 14.08.2020 № 1023

Зав.кафедрой разработчика,
д.техн.н., проф.



М. А. Григорьев

Разработчик программы,
старший преподаватель



Н. В. Савостеенко

1. Цели и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины является освоение теоретических, практических знаний и навыков в области систем управления электроприводами и силовыми полупроводниковыми преобразователями. Задачами изучения дисциплины являются: - ознакомить с современными понятиями и концепциями систем управления электроприводами; ознакомить с особенностями разработки замкнутых систем управления; дать необходимые знания для проектирования систем управления электроприводами в пакетах специализированного программного обеспечения; ознакомление с принципом действия силовых полупроводниковых преобразователей электрической энергии постоянного и переменного тока в составе мехатронных систем, режимов работы и характеристик.

Краткое содержание дисциплины

Изучение дисциплины направлено на овладение необходимыми теоретическими основами систем управления электроприводами и силовыми преобразователями и получение практических знаний для решений проектных и конструкторских задач проектирования приводов и преобразователей в сфере промышленной мехатроники. Формы изложения: лекционные и лабораторные занятия. Форма самостоятельной работы студента: выполнение курсовой работы. Вид промежуточной аттестации: экзамен.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-2 Способен применять средства мехатронных и робототехнических систем при реализации производственных процессов	Знает: Основные типы замкнутых систем управления электроприводами, применяемы в робототехнических комплексах - их достоинства и недостатки. Умеет: Подбирать силовую преобразовательную технику с точки зрения реализации производственных процессов и максимальной энергетической эффективности. Имеет практический опыт: Выбора элементов силового канала мехатронных и робототехнических систем при реализации производственных процессов.

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Программное обеспечение и системные функции контроллеров, Электротехника и электроника, Динамика жидкости и газа	Производственная практика (преддипломная) (4 семестр)

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Динамика жидкости и газа	Знает: Уравнения движения идеальной и вязкой жидкости; замыкающие уравнения; неразрывности, состояния, теплопроводности; постановку начальных и граничных условий; интегралы уравнений движения. Умеет: Исследовать движения жидкостей и газов физико-математическими методами. Имеет практический опыт: Рационального выбора модели жидкости или газа, описывающей основные черты исследуемого явления и выбора метода решения поставленной задачи механики жидкости и газа.
Электротехника и электроника	Знает: Электронную базу устройств, входящих в состав мехатронных и робототехнических систем. Умеет: Разрабатывать программу электромагнитной совместимости элементов электрической части мехатронных и робототехнических систем. Имеет практический опыт: Эксплуатации электронных устройств электрической части мехатронных и робототехнических систем.
Программное обеспечение и системные функции контроллеров	Знает: Типовые структуры и виды программного обеспечения гибких робототехнических систем. Умеет: Программировать промышленные контроллеры и использовать их системные функции для управления гибкими робототехническими системами. Имеет практический опыт: Разработки программного обеспечения для гибких робототехнических систем.

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., 58,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		3
Общая трудоёмкость дисциплины	144	144
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48
Лекции (Л)	32	32
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	0	0
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	85,5	85,5

Подготовка к экзамену	18	18
Подготовка к защите лабораторных работ №№1-4	18	18
Выполнение и защита курсовой работы	49,5	49,5
Консультации и промежуточная аттестация	10,5	10,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Определение и функции систем управления электроприводов (СУЭП)	12	8	0	4
2	Типовые узлы простых релейно-контакторных схем	12	8	0	4
3	Системы автоматического регулирования (САР)	12	8	0	4
4	Векторное и скалярное управление	12	8	0	4

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1,2	1	Определение СУЭП. Основные и вспомогательные функции СУЭП. Цели, задачи и содержание дисциплины. Понятие «Система силовой преобразовательной техники». Классификация силовых полупроводниковых преобразователей по способу преобразования электрической энергии. Основная элементная база силовой преобразовательной техники. Области применения.	4
3,4	1	Определение структурной, функциональной и принципиальной схем, примеры. Основные характеристики и принцип работы однофазной однополупериодной схемы выпрямления. Работа на активную, активно-индуктивную, активно-емкостную нагрузку и на противо-э.д.с.	4
5,6	2	Принципы регулирования момента в типовых узлах простых схем. Принцип работы и основные характеристики трехфазной мостовой схемы выпрямления. Работа схемы на активную, активно-индуктивную, активно-емкостную нагрузку и противо-э.д.с. Реверсивный тиристорный преобразователь.	4
7,8	2	Схема управления пуском и динамическим торможением двигателя постоянного тока, работающая с заданием времени. Статические характеристики, переходные процессы, расчет уставок реле времени, описание работы схемы. Структура и принцип работы системы импульсно-фазового управления. Фазовая, регулировочная и внешняя характеристика преобразователя.	4
9,10	3	Понятие и упрощенная схема программируемого контроллера (ПК), её составные части. Способы программирования ПК. Языки программирования для САР. Пример программирования САР на ПК. Синусоидальная ШИМ. Коэффициент модуляции. Синусоидальная ШИМ с предмодуляцией.	4
11,12	3	Понятие системы автоматического регулирования (САР). Функциональная модель, математическое описание и структурная схема САР. Основные формулы перехода от циклограммы к структурным формулам: условия включения и отключения, необходимые условия справедливости структурной формулы. Автономный инвертор напряжения (АИН). Принцип работы, основные характеристики и особенности работы на активно-индуктивную	4

		нагрузку и против-э.д.с.	
13,14	4	Этапы синтеза векторных и скалярных систем управления. Понятие синхронизации. Многопульсные силовые схемы подключения силовых полупроводниковых преобразователей. Многоуровневые преобразователи.	4
15,16	4	Управление синхронными и асинхронными двигателями. Системы защиты преобразователей. Расчет аварийных токов в различных режимах. Требования к защите и защитной аппаратуре. Системы защит от аварийных токов. Выбор предохранителей, автоматических выключателей. Системы, схемы и средства защиты от перенапряжений.	4

5.2. Практические занятия, семинары

Не предусмотрены

5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	1	Лабораторная работа 1. Исследование трехфазной мостовой схемы выпрямления на активную, активно-индуктивную, емкостную нагрузку и против-эдс.	2
2	1	Защита лабораторной работы 1	2
3	2	Лабораторная работа 2. Исследование системы импульсно-фазового управления трехфазным мостовым тиристорным преобразователем.	2
4	2	Защита лабораторной работы 2	2
5	3	Лабораторная работа 3. Исследование управляемого выпрямителя по трехфазной мостовой схеме выпрямления при работе на активную, активно-индуктивную, емкостную нагрузку и против-эдс.	2
6	3	Защита лабораторной работы 3	2
7	4	Лабораторная работа 4. Исследование автономного инвертора напряжения на основе ШИМ.	2
8	4	Защита лабораторной работы 4.	2

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к экзамену	Осн. лит. [1] с. 1-46, [2] с. 1-358. Доп. лит. [1] с. 1-30. Доп. лит. в эл. виде [1] Методические пособия для самостоятельной работы студента, для преподавателя [1] Перечень используемого программного обеспечения [1], [2], [3]. Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем [1]. Журналы по дисциплине [1].	3	18
Подготовка к защите лабораторных работ №№1-4	Осн. лит. [2] с. 1-358. Доп. лит. [1] с. 1-30. Доп. лит. в эл. виде [1] Методические пособия для самостоятельной работы	3	18

	студента, для преподавателя [1] Перечень используемого программного обеспечения [1], [2], [3]. Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем [1]. Журналы по дисциплине [1].		
Выполнение и защита курсовой работы	Осн. лит. [1] с. 1-46. Методические пособия для самостоятельной работы студента, для преподавателя [1] Перечень используемого программного обеспечения [1], [2], [3]. Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем [1]. Журналы по дисциплине [1].	3	49,5

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	3	Текущий контроль	Защита лабораторной работы 1 (Раздел 1)	0,25	3	Лабораторная работа 1. Исследование трехфазной мостовой схемы выпрямления на активную, активно-индуктивную, емкостную нагрузку и противо-эдс. Лабораторная работа должна быть выполнена и оформлена в соответствии с требованиями методических указаний кафедры. Критерии начисления баллов: 1) оформление работы соответствует требованиям – 1 балл (оформление работы не соответствует требованиям - 0 баллов); 2) отсутствуют ошибки в расчётах и результатах исследований – 1 балл (присутствуют ошибки в проведении опытов – 0 баллов); 3) правильный ответ на один вопрос (при защите задаётся 1 вопрос) – 1 балл (неправильный ответ на вопрос - 0 баллов).	экзамен
2	3	Текущий контроль	Защита лабораторной работы 2 (Раздел 2)	0,25	3	Лабораторная работа 2. Исследование системы импульсно-фазового управления трехфазным мостовым тиристорным преобразователем. Лабораторная работа должна быть	экзамен

						выполнена и оформлена в соответствии с требованиями методических указаний кафедры. Критерии начисления баллов: 1) оформление работы соответствует требованиям – 1 балл (оформление работы не соответствует требованиям - 0 баллов); 2) отсутствуют ошибки в расчётах и результатах исследований – 1 балл (присутствуют ошибки в проведении опытов – 0 баллов); 3) правильный ответ на один вопрос (при защите задаётся 1 вопрос) – 1 балл (неправильный ответ на вопрос - 0 баллов).	
3	3	Текущий контроль	Защита лабораторной работы 3 (Раздел 3)	0,25	3	Лабораторная работа 3. Исследование управляемого выпрямителя по трехфазной мостовой схеме выпрямления при работе на активную, активно-индуктивную, ёмкостную нагрузку и противо-эдс. Лабораторная работа должна быть выполнена и оформлена в соответствии с требованиями методических указаний кафедры. Критерии начисления баллов: 1) оформление работы соответствует требованиям – 1 балл (оформление работы не соответствует требованиям - 0 баллов); 2) отсутствуют ошибки в расчётах и результатах исследований – 1 балл (присутствуют ошибки в проведении опытов – 0 баллов); 3) правильный ответ на один вопрос (при защите задаётся 1 вопрос) – 1 балл (неправильный ответ на вопрос - 0 баллов).	экзамен
4	3	Текущий контроль	Защита лабораторной работы 4 (Раздел 4)	0,25	3	Лабораторная работа 4. Исследование автономного инвертора напряжения на основе ШИМ. Лабораторная работа должна быть выполнена и оформлена в соответствии с требованиями методических указаний кафедры. Критерии начисления баллов: 1) оформление работы соответствует требованиям – 1 балл (оформление работы не соответствует требованиям - 0 баллов); 2) отсутствуют ошибки в расчётах и результатах исследований – 1 балл (присутствуют ошибки в проведении опытов – 0 баллов); 3) правильный ответ на один вопрос (при защите задаётся 1 вопрос) – 1 балл (неправильный ответ на вопрос - 0 баллов).	экзамен

5	3	Промежуточная аттестация	Экзамен	-	3	3 балла - правильный ответ на 3 вопроса билета; 2 балла - правильный ответ на 2 вопроса билета; 1 балл - правильный ответ на 1 вопроса билета; 0 баллов - на все вопросы даны неправильные ответы.	экзамен
6	3	Курсовая работа/проект	Курсовая работа	-	100	1) Оформление работы соответствует всем требованиям – 20 баллов Текст оформлен согласно методическим указаниям - 2 балла (не выполнен - 0 баллов); Графики оформлены согласно методическим указаниям - 8 баллов (не выполнен - 0 баллов); Формулы оформлены согласно методическим указаниям - 2 балла (не выполнен - 0 баллов); Таблицы оформлены согласно методическим указаниям - 4 балла (не выполнен - 0 баллов); Список источников оформлен согласно методическим указаниям - 4 балла (не выполнен - 0 баллов). 2) Содержание курсовой работы полностью соответствует заданию. Результаты расчетов верны. Правильно рассчитаны внешние характеристики инвертора - 5 баллов (присутствуют ошибки - 0 баллов); Правильно выбраны транзисторы - 5 баллов (присутствуют ошибки - 0 баллов); Правильно выбраны аппаратные защиты силовой схемы - 5 баллов (присутствуют ошибки - 0 баллов); Правильно рассчитаны уставки защит силовой схемы - 5 баллов (присутствуют ошибки - 0 баллов). 3) Правильный ответ на вопросы комиссии при защите курсового проекта Правильный ответ на первый вопрос - 20 баллов (нет правильного ответа - 0 баллов); Правильный ответ на второй вопрос - 20 баллов (нет правильного ответа - 0 баллов); Правильный ответ на третий вопрос - 20 баллов (нет правильного ответа - 0 баллов).	курсовые работы

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной	Процедура проведения	Критерии оценивания
-------------------	----------------------	---------------------

аттестации		
экзамен	Экзамен проводится в устной форме. Каждому студенту выдается билет, в котором присутствует три теоретических вопроса. Оценка за экзамен рассчитывается по рейтингу обучающегося по дисциплине R_d на основе рейтинга по текущему контролю $R_{тек}$ формуле: $R_d = R_{тек}$, где $R_{тек} = 0,25(KM1 + KM2 + KM3 + KM4)$ рассчитывается на основе баллов, набранных обучающимся по результатам текущего контроля с учетом весового коэффициента. Студент вправе пройти контрольное мероприятие в рамках промежуточной аттестации (зачет/экзамен) для улучшения своего рейтинга, который будет рассчитываться по формуле $R_d = 0,6 R_{тек} + 0,4 R_{па} + R_б$. Шкала перевода рейтинга в оценку: «Отлично» - $R_d = 85 \dots 100\%$; «Хорошо» - $R_d = 75 \dots 84\%$; «Удовлетворительно» - $R_d = 60 \dots 74\%$; «Неудовлетворительно» - $R_d = 0 \dots 59\%$.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения
курсовые работы	Курсовая работа выполняется в соответствии с индивидуальным заданием, содержит 4 раздела и сдается по окончании 16 недели обучения. Курсовая работа должна быть выполнена и оформлена в соответствии с требованиями методических указаний. Защита курсовой работы происходит в форме доклада с презентацией, перед комиссией, состоящей не менее чем из 3-х человек, включая руководителя курсовой работы. После доклада студенту задаются уточняющие вопросы. Оценка по курсовой работе рассчитывается, как рейтинг обучающегося по курсовой работе R_k и определяется по результатам оценивания выполнения всех требований, предъявляемых к данной работе. Шкала перевода рейтинга в оценку: «Отлично» - $R_k = 85 \dots 100\%$; «Хорошо» - $R_k = 75 \dots 84\%$; «Удовлетворительно» - $R_k = 60 \dots 74\%$; «Неудовлетворительно» - $R_k = 0 \dots 59\%$.	В соответствии с п. 2.7 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ KM					
		1	2	3	4	5	6
ПК-2	Знает: Основные типы замкнутых систем управления электроприводами, применяемы в робототехнических комплексах - их достоинства и недостатки.		+	+		+	
ПК-2	Умеет: Подбирать силовую преобразовательную технику с точки зрения реализации производственных процессов и максимальной энергетической эффективности.	+				+	+
ПК-2	Имеет практический опыт: Выбора элементов силового канала мехатронных и робототехнических систем при реализации производственных процессов.	+	+			+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Системы управления электроприводов [Текст] учеб. пособие к курсовому проектированию Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Электропривод и

автоматизация пром. установок; Ю. С. Усынин, С. М. Бутаков, Р. З. Хусаинов, В. П. Мацин; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2000. - 46,[1] с. ил.

2. Усынин, Ю. С. Системы управления электроприводов [Текст] учеб. пособие Ю. С. Усынин ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Электропривод и автоматизация пром. установок ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2001. - 358 с. ил.

б) дополнительная литература:

1. Усынин, Ю. С. Сборник задач по курсу "Системы управления электроприводов" [Текст] учеб. пособие Ю. С. Усынин, М. А. Григорьев, Н. Ю. Сидоренко ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Электропривод и автоматизация пром. установок ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2004. - 30,[1] с. ил.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Южно-Уральский государственный университет (ЮУрГУ) Челябинск Вестник Южно-Уральского государственного университета Юж.-Урал. гос. ун-т; ЮУрГУ журнал. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2001-

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Системы подчинённого регулирования координат в электроприводах постоянного тока

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Системы подчинённого регулирования координат в электроприводах постоянного тока

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Фираго, Б. И. Векторные системы управления электроприводами : учебное пособие / Б. И. Фираго, Д. С. Васильев. — Минск : Вышэйшая школа, 2016. — 159 с. — ISBN 978-985-06-2624-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/92474 (дата обращения: 20.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. Math Works-MATLAB, Simulink 2013b(бессрочно)
3. Microsoft-Office(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. EBSCO Information Services-EBSCOhost Research Databases(28.02.2017)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лабораторные занятия	810-1 (36)	Мультимедийное оборудование: проектор, интерактивная доска, персональные компьютеры с предустановленным программным обеспечением
Лекции	815 (36)	Мультимедийное оборудование: проектор, интерактивная доска, персональный компьютер с предустановленным программным обеспечением