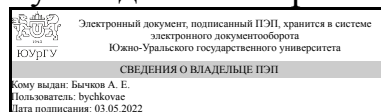


УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель направления



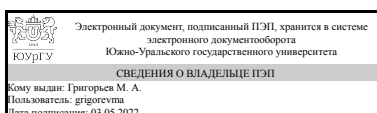
А. Е. Бычков

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.07 Силовая электроника  
для направления 15.03.06 Мехатроника и робототехника  
уровень Бакалавриат  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Электропривод и мехатроника

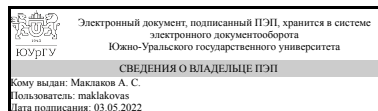
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника, утверждённым приказом Минобрнауки от 17.08.2020 № 1046

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



М. А. Григорьев

Разработчик программы,  
к.техн.н., доц., доцент



А. С. Маклаков

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование у студентов теоретической базы по классификации, функциональному предназначению и принципу действия силовых полупроводниковых преобразователей электрической энергии постоянного и переменного тока, их схем, алгоритмов и методов управления, режимов работы и характеристик, технико-экономических показателей и области применения.

Основная задача дисциплины – формирование теоретической базы по классификации, функциональному предназначению и принципу действия силовых полупроводниковых преобразователей электрической энергии постоянного и переменного тока в составе мехатронных систем, режимов работы и характеристик.

## Краткое содержание дисциплины

В курсе данной дисциплины раскрываются элементная база силовой преобразовательной техники, классификация силовых полупроводниковых преобразователей по способу преобразования электрической энергии, основные характеристики и принципы работы различных схем преобразования постоянного и переменного тока, алгоритмы и методы модуляции, элементы защиты преобразователей. Формы изложения: лекционные, лабораторные и практические 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-1 Способен осуществлять организованное, материальное и документационное обеспечение технического обслуживания и планового ремонта гибких производственных систем в машиностроении	Знает: Принципы работы, основные понятия, определения, технические характеристики и классификацию силовых полупроводниковых преобразователей постоянного и переменного тока (выпрямления переменного тока в постоянный, инвертирования постоянного тока в переменный, непосредственного преобразования переменного напряжения одной частоты в переменное напряжение регулируемой частоты). Умеет: Читать силовые электрические схемы силовых полупроводниковых преобразователей; пользоваться специализированными программными продуктами для моделирования и контроля силовых полупроводниковых преобразователей; использовать цифровые модели полупроводниковых преобразователей при разработке технической документации по технологическому обслуживанию и ремонту. Имеет практический опыт: Оценки и анализа характеристик работы силовых полупроводниковых преобразователей для выявления причин их систематических отказов

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
1.О.27 Физические основы гидравлики	1.Ф.04 Пропорциональная гидро- и пневмоавтоматика, 1.Ф.02 Компьютерное зрение, 1.О.32 Эксплуатация и наладка мехатронных и робототехнических систем, 1.Ф.05 Электрические и электронные аппараты, Производственная практика, эксплуатационная практика (6 семестр)

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

Дисциплина	Требования
1.О.27 Физические основы гидравлики	Знает: Математические формы записи основных уравнений, характеризующих законы равновесия и движения жидкости. Умеет: Применять физико-математический аппарат для рассматриваемой гидравлической части мехатронной и робототехнической системы. Имеет практический опыт: Составления физико-математических моделей для описания гидравлической части мехатронных и робототехнических систем.

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 ч., 92,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		5
Общая трудоёмкость дисциплины	180	180
<i>Аудиторные занятия:</i>	80	80
Лекции (Л)	32	32
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	32	32
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	87,5	87,5
с применением дистанционных образовательных технологий	0	
Подготовка к практическим работам, оформление отчета, подготовка к защите практических работ №1-№4	31,5	31.5
Подготовка к лабораторным работам, оформление отчета, подготовка к защите лабораторных работ №1-№4	38	38
Подготовка к экзамену	18	18
Консультации и промежуточная аттестация	12,5	12,5

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	Введение. Система силовой преобразовательной техники	2	2	0	0
2	Диодные выпрямители	16	4	4	8
3	Тиристорные преобразователи	30	6	8	16
4	Преобразователи на полностью управляемых силовых полупроводниковых модулях	26	14	4	8
5	Разновидности построения силовых схем полупроводниковых преобразователей	6	6	0	0

### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	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.	2
2	2	Основные характеристики и принцип работы однофазной однополупериодной схемы выпрямления. Работа на активную, активно-индуктивную, активно-емкостную нагрузку и на противо-э.д.с.	2
3	2	Принцип работы и основные характеристики трехфазной нулевой схемы выпрямления. Работа схемы на активную, активно-индуктивную, активно-емкостную нагрузку и противо-э.д.с.	2
4	3	Принцип работы и основные характеристики однофазной однополупериодной схемы выпрямления. Угол проводимости и угол регулирования. Работа схемы на активную, актив-но-индуктивную, активно-емкостную нагрузку и противо-э.д.с. Режим непрерывного, граничного и прерывистого тока.	2
5	3	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.	2
6	3	Структура и принцип работы системы импульсно-фазового управления. Фазовая, регулировочная и внешняя характеристика преобразователя.	2
7	4	Принцип работы полностью управляемого полупроводникового модуля. Временные диаграммы открытия и закрытия. Динамические потери. Потери проводимости.	2
8	4	Трехфазный мостовой преобразователь на полностью управляемых полупроводниковых модулях. Базовый закон коммутации.	2
9	4	Однофазный мостовой преобразователь на основе полностью управляемых полупроводниковых модулей. Принцип широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Однополярная и биполярная ШИМ.	2
10	4	Синусоидальная ШИМ. Коэффициент модуляции. Синусоидальная ШИМ с предмодуляцией. (Проблемная лекция)	2
11	4	Автономный инвертор напряжения (АИН). Принцип работы, основные	2

		характеристики и особенности работы на активно-индуктивную нагрузку и против-э.д.с.	
12	4	Принцип действия активного выпрямителя напряжения. Векторные диаграммы режимов работы.	2
13	4	Принцип действия и классификация преобразователей постоянного тока в постоянный (DC/DC). Регулирующих и внешние характеристики.	2
14	5	Многопульсные силовые схемы подключения силовых полупроводниковых преобразователей. Многоуровневые преобразователи.	2
15	5	Системы защиты преобразователей. Расчет аварийных токов в различных режимах. Требования к защите и защитной аппаратуре. Системы защиты от аварийных токов. Выбор предохранителей, автоматических выключателей. Системы, схемы и средства защиты от перенапряжений.	2
16	5	Преобразователи энергии для гидро- и пневмоприводов. Схемы, принцип работы, основные соотношения, системы управления, электрогидравлические преобразователи, методы и способы управления.	2

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	2	Практическая работа №1 Разработка трехфазной мостовой схемы выпрямления на активную, активно-индуктивную, емкостную нагрузку и против-эдс. в программе Matlab/Simulink	2
2	2	Проверка работоспособности имитационной модели трехфазной мостовой схемы выпрямления на активную, активно-индуктивную, емкостную нагрузку и против-эдс. в программе Matlab/Simulink. Оформление отчета по практической работе №1	2
3	3	Практическая работа №2 Разработка системы импульсно-фазового управления трехфазным мостовым тиристорным преобразователем в программе Matlab/Simulink	2
4	3	Проверка работоспособности имитационной модели системы импульсно-фазового управления трехфазным мостовым тиристорным преобразователем в программе Matlab/Simulink. Оформление отчета по практической работе №2	2
5	3	Практическая работа №3 Разработка управляемого выпрямителя по трехфазной мостовой схеме выпрямления при работе на активную, активно-индуктивную, емкостную нагрузку и против-эдс в программе Matlab/Simulink	2
6	3	Проверка работоспособности имитационной модели управляемого выпрямителя по трехфазной мостовой схеме выпрямления при работе на активную, активно-индуктивную, емкостную нагрузку и против-эдс в программе Matlab/Simulink (Технологии анализа ситуаций для активного обучения)	2
7	4	Практическая работа №4 Разработка алгоритма синусоидальной ШИМ трехфазного мостового автономного инвертора напряжения в программе Matlab/Simulink	2
8	4	Проверка работоспособности имитационной модели алгоритма синусоидальной ШИМ трехфазного мостового автономного инвертора напряжения в программе Matlab/Simulink. Оформление отчета по практической работе №4	2

## 5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1,2	2	Лабораторная работа № 1 Исследование трехфазной мостовой схемы выпрямления на активную, активно-индуктивную, емкостную нагрузку и противо-эдс.	4
3,4	2	Защита лабораторной работы №1 Исследование трехфазной мостовой схемы выпрямления на активную, активно-индуктивную, емкостную нагрузку и противо-эдс.	4
5,6	3	Лабораторная работа № 2 Исследование системы импульсно-фазового управления трехфазным мостовым тиристорным преобразователем.	4
7,8	3	Защита лабораторной работы №2 Исследование системы импульсно-фазового управления трехфазным мостовым тиристорным преобразователем.	4
9,10	3	Лабораторная работа №3 Исследование управляемого выпрямителя по трехфазной мостовой схеме выпрямления при работе на активную, активно-индуктивную, емкостную нагрузку и противо-эдс.	4
11,12	3	Защита лабораторной работы №3 Исследование управляемого выпрямителя по трехфазной мостовой схеме выпрямления при работе на активную, активно-индуктивную, емкостную нагрузку и противо-эдс. (Тренинг)	4
13,14	4	Лабораторная работа №4 Исследование автономного инвертора напряжения на основе ШИМ.	4
15,16	4	Защита лабораторной работы №4 Исследование автономного инвертора напряжения на основе ШИМ.	4

#### 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 практическим работам, оформление отчета, подготовка к защите практических работ №1-№4	Осн. лит. [1] с. 1-423. Осн. лит. [2] с. 1-631. Доп. лит. в эл. виде [2] с. 1-332. Методические пособия для самостоятельной работы студента, для преподавателя [1]. Перечень используемого программного обеспечения [1], [2], [3].	5	31,5
Подготовка к лабораторным работам, оформление отчета, подготовка к защите лабораторных работ №1-№4	Осн. лит. [1] с. 1-423. Осн. лит. [2] с. 1-631. Доп. лит. в эл. виде [2] с. 1-332. Методические пособия для самостоятельной работы студента, для преподавателя [1]. Перечень используемого программного обеспечения [1], [2], [3].	5	38
Подготовка к экзамену	Осн. лит. [1] с. 1-423. Осн. лит. [2] с. 1-631. Осн. лит. в эл. виде [1] с. 1-192. Доп. лит. в эл. виде [2] с. 1-200. Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем [1]. Журналы по дисциплине [1].	5	18

#### 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	5	Текущий контроль	Практическая работа №1. (Раздел 2)	0,125	3	<p>Практическая работа №1 Разработка трехфазной мостовой схемы выпрямления на активную, активно-индуктивную, емкостную нагрузку и противо-эдс. в программе Matlab/Simulink.</p> <p>Практическая работа должна быть выполнена и оформлена в соответствии с требованиями методических указаний кафедры. Критерии начисления баллов:</p> <p>1) оформление работы соответствует требованиям – 1 балл (оформление работы не соответствует требованиям - 0 баллов);</p> <p>2) отсутствуют ошибки в имитационной модели Matlab/Simulink – 1 балл (присутствуют ошибки в проведении опытов – 0 баллов);</p> <p>3) проверка работоспособности имитационной модели Matlab/Simulink прошла успешно – 1 балл (модель работает с ошибками - 0 баллов).</p>	экзамен
2	5	Текущий контроль	Лабораторная работа № 1. (Раздел 2)	0,125	3	<p>Лабораторная работа № 1 Исследование трехфазной мостовой схемы выпрямления на активную, активно-индуктивную, емкостную нагрузку и противо-эдс.</p> <p>Лабораторная работа должна быть выполнена и оформлена в соответствии с требованиями методических указаний кафедры. Критерии начисления баллов:</p> <p>1) оформление работы соответствует требованиям – 1 балл (оформление работы не соответствует требованиям - 0 баллов);</p> <p>2) отсутствуют ошибки в расчётах и результатах исследований – 1 балл (присутствуют ошибки в проведении опытов – 0 баллов);</p> <p>3) правильный ответ на один вопрос (при защите задаётся 1 вопрос) – 1 балл (неправильный ответ на вопрос - 0 баллов).</p>	экзамен
3	5	Текущий контроль	Практическая работа №2.	0,125	3	Практическая работа №2 Разработка системы импульсно-фазового	экзамен

			(Раздел 3)			<p>управления трехфазным мостовым тиристорным преобразователем в программе Matlab/Simulink.</p> <p>Практическая работа должна быть выполнена и оформлена в соответствии с требованиями методических указаний кафедры. Критерии начисления баллов:</p> <p>1) оформление работы соответствует требованиям – 1 балл (оформление работы не соответствует требованиям - 0 баллов);</p> <p>2) отсутствуют ошибки в имитационной модели Matlab/Simulink – 1 балл (присутствуют ошибки в проведении опытов – 0 баллов);</p> <p>3) проверка работоспособности имитационной модели Matlab/Simulink прошла успешно – 1 балл (модель работает с ошибками - 0 баллов).</p>	
4	5	Текущий контроль	Лабораторная работа № 2. (Раздел 3)	0,125	3	<p>Лабораторная работа № 2 Исследование системы импульсно-фазового управления трехфазным мостовым тиристорным преобразователем.</p> <p>Лабораторная работа должна быть выполнена и оформлена в соответствии с требованиями методических указаний кафедры. Критерии начисления баллов:</p> <p>1) оформление работы соответствует требованиям – 1 балл (оформление работы не соответствует требованиям - 0 баллов);</p> <p>2) отсутствуют ошибки в расчётах и результатах исследований – 1 балл (присутствуют ошибки в проведении опытов – 0 баллов);</p> <p>3) правильный ответ на один вопрос (при защите задаётся 1 вопрос) – 1 балл (неправильный ответ на вопрос - 0 баллов).</p>	экзамен
5	5	Текущий контроль	Практическая работа №3. (Раздел 3)	0,125	3	<p>Практическая работа №3 Разработка управляемого выпрямителя по трехфазной мостовой схеме выпрямления при работе на активную, активно-индуктивную, емкостную нагрузку и против-эдс в программе Matlab/Simulink.</p> <p>Практическая работа должна быть выполнена и оформлена в соответствии с требованиями методических указаний кафедры. Критерии начисления баллов:</p> <p>1) оформление работы соответствует требованиям – 1 балл (оформление работы не соответствует требованиям - 0 баллов);</p> <p>2) отсутствуют ошибки в имитационной модели Matlab/Simulink – 1 балл</p>	экзамен



						(присутствуют ошибки в проведении опытов – 0 баллов); 3) проверка работоспособности имитационной модели Matlab/Simulink прошла успешно – 1 балл (модель работает с ошибками - 0 баллов).	
6	5	Текущий контроль	Лабораторная работа №3. (Раздел 3)	0,125	3	Лабораторная работа №3 Исследование управляемого выпрямителя по трехфазной мостовой схеме выпрямления при работе на активную, активно-индуктивную, емкостную нагрузку и против-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
7	5	Текущий контроль	Практическая работа №4. (Раздел 4)	0,125	3	Практическая работа №4 Разработка алгоритма синусоидальной ШИМ трехфазного мостового автономного инвертора напряжения в программе Matlab/Simulink. Практическая 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 имитационной модели Matlab/Simulink – 1 балл (присутствуют ошибки в проведении опытов – 0 баллов); 3) проверка работоспособности имитационной модели Matlab/Simulink прошла успешно – 1 балл (модель работает с ошибками - 0 баллов).	экзамен
8	5	Текущий контроль	Лабораторная работа №4. (Раздел 4)	0,125	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:	экзамен



ПК-1	Умеет: Читать силовые электрические схемы силовых полупроводниковых преобразователей; пользоваться специализированными программными продуктами для моделирования и контроля силовых полупроводниковых преобразователей; использовать цифровые модели полупроводниковых преобразователей при разработке технической документации по технологическому обслуживанию и ремонту.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-1	Имеет практический опыт: Оценки и анализа характеристик работы силовых полупроводниковых преобразователей для выявления причин их систематических отказов	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **Печатная учебно-методическая документация**

#### *а) основная литература:*

1. Гельман, М. В. Преобразовательная техника Текст учеб. пособие по направлению "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" М. В. Гельман, М. М. Дудкин, К. А. Преображенский ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Электропривод и автоматизация пром. установок ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2009. - 423, [1] с. ил. электрон. версия
2. Розанов, Ю. К. Силовая электроника Текст учеб. для вузов по направлени. "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" Ю. К. Розанов, М. В. Рябчицкий, А. А. Кваснюк. - М.: Издательский дом МЭИ, 2007. - 631, [1] с. ил. 25 см.

#### *б) дополнительная литература:*

Не предусмотрена

#### *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. "Силовая преобразовательная техника" Методические указания по выполнению лабораторных и практических работ

#### *из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:*

1. "Силовая преобразовательная техника" Методические указания по выполнению лабораторных и практических работ

### **Электронная учебно-методическая документация**

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная	Электронно-	Попков О.З., Основы преобразовательной техники.

	литература	библиотечная система издательства Лань	[Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — М. : Издательский дом МЭИ, 2010. — 200 с. <a href="http://e.lanbook.com/book/72254">http://e.lanbook.com/book/72254</a>
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Фролов, В.Я. Устройства силовой электроники и преобразовательной техники с разомкнутыми и замкнутыми системами управления в среде Matlab-Simulink. [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.Я. Фролов, В.В. Смородинов. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2017. — 332 с. <a href="http://e.lanbook.com/book/93780">http://e.lanbook.com/book/93780</a>

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
Практические занятия и семинары	810-1 (3б)	Мультимедийное оборудование: проектор, интерактивная доска, персональные компьютеры с предустановленным программным обеспечением
Лекции	815 (3б)	Мультимедийное оборудование: проектор, интерактивная доска, персональный компьютер.
Лабораторные занятия	810-1 (3б)	Мультимедийное оборудование: проектор, интерактивная доска, персональные компьютеры с предустановленным программным обеспечением