Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 01.07.2024 10:51:39
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет машиностроения

УТВЕРЖДАЮ

Декан

_____ /Е.В. Сафонов/

«15» февраля 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Силовая преобразовательная техника

Направление подготовки
15.03.06 Мехатроника и робототехника

Профиль
Мехатронные системы в автоматизированном производстве

Квалификация
Бакалавр

Формы обучения
очная

Москва, 2024 г.

Разработчик(и):

Доцент кафедры «Автоматика и управление»,
к.т.н., доцент  /А.С. Маклаков/

Согласовано:

Заведующий кафедрой «Автоматика и управление»,
д.т.н., профессор  /А.А. Радионов/

Руководитель образовательной программы
Профессор кафедры «Автоматика и управление»,
д.т.н., доцент  /В.Р. Гасияров /

Содержание

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине ... 4
2 Место дисциплины в структуре образовательной программы ... 5
3 Структура и содержание дисциплины ... 5
3.1 Виды учебной работы и трудоемкость ... 5
3.2 Тематический план изучения дисциплины ... 6
3.3 Содержание дисциплины ... 9
3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий ... 10
3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ) ... 11
4 Учебно-методическое и информационное обеспечение ... 11
4.1 Нормативные документы и ГОСТы ... 11
4.2 Основная литература ... 11
4.3 Дополнительная литература ... 12
4.4 Электронные образовательные ресурсы ... 13
4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение ... 13
4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы ... 13
5 Материально-техническое обеспечение ... 13
6 Методические рекомендации ... 14
6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения ... 14
6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины ... 14
7 Фонд оценочных средств ... 15
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения ... 16
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения ... 17
7.3 Оценочные средства ... 22

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины «Силовая преобразовательная техника» 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.

Обучение по дисциплине «Силовая преобразовательная техника» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции	Наименование показателя оценивания
ПК-5 Способен выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств мехатронных систем в соответствии с техническим заданием, в том числе с использованием средств автоматизации проектирования	ИПК-5.1. Понимает принципы конструирования отдельных деталей, узлов и устройств мехатронных систем, выбирает системы автоматизированного проектирования мехатронных систем; ИПК-5.2. Работает с программными средствами с использованием современных прикладных программ по расчету мехатронных систем; ИПК-5.3. Рассчитывает и проектирует детали, узлы и устройства мехатронных систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования.	**Знать:** 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) **Уметь:** 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. **Владеть:** практическим опытом оценки и анализа характеристик работы силовых полупроводниковых преобразователей

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)». Дисциплина непосредственно связана со следующими дисциплинами и практиками ООП:

Линейная алгебра;
Математический анализ;
Мехатронные системы в автоматизированном производстве (в автомобилестроении);
Мехатронные системы в автоматизированном производстве (в машиностроении);
Производственная практика (проектно-технологическая);
Специальные главы математики;
Техническое обслуживание и ремонт оборудования;
Физика;
Физические основы электроники;
Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических систем;
Электрические машины;
Электромеханические устройства и аппараты автоматики;
Электротехника.

3 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 часов).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестр
			7
1	**Аудиторные занятия**	**72**	**72**
	В том числе:		
1.1	Лекции	36	36
1.2	Семинарские/практические занятия	18	18
1.3	Лабораторные занятия	18	18
2	**Самостоятельная работа**	**72**	**72**
	В том числе:		
2.1	Выполнение и защита РГР	36	36
2.2	Подготовка к экзамену	18	18
2.3	Подготовка отчетов по практическим работам	8	8
2.4	Подготовка отчетов по лабораторным работам	8	8
3	**Промежуточная аттестация**		
	Зачет/диф.зачет/экзамен		экзамен
	Итого	**144**	**144**

3.2 Тематический план изучения дисциплины

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	**Раздел 1. Введение с системы силовой преобразовательной техники**	**30**	**12**	**0**	**0**	**0**	**18**
1.1	Тема 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
1.2	Тема 2. Основные характеристики и принцип работы однофазной однополупериодной схемы выпрямления. Работа на активную, активноиндуктивную, активно-емкостную нагрузку и на противо-э.д.с.		2				4
1.3	Тема 3. Принцип работы и основные характеристики трехфазной нулевой схемы выпрямления. Работа схемы на активную, активно-индуктивную, активноемкостную нагрузку и противо-э.д.с.		2				4
1.4	Тема 4. Принцип работы и основные характеристики однофазной однополупериодной схемы выпрямления. Угол проводимости и угол регулирования. Работа схемы на активную, актив-но-индуктивную, активноемкостную нагрузку и противо-э.д.с. Режим непрерывного, граничного и прерывистого тока.		2				4
1.5	Тема 5. Принцип работы и основные характеристики трехфазной мостовой схемы выпрямления. Работа схемы на активную, активно-индуктивную,		2				2

	активноемкостную нагрузку и противо-э.д.с. Реверсивный тиристорный преобразователь.						
1.6	Тема 6. Структура и принцип работы системы импульсно-фазового управления. Фазовая, регулировочная и внешняя характеристика преобразователя.		2				2
2	**Раздел 2. Полупроводниковые выпрямители**	**32**	**6**	**4**	**4**	**0**	**18**
2.1	Тема 1. Исследование трехфазной мостовой схемы выпрямления на активную, активно-индуктивную, емкостную нагрузку и противо-эдс.				4		2
2.2	Тема 2. Разработка трехфазной мостовой схемы выпрямления на активную, активно-индуктивную, емкостную нагрузку и противо-эдс. в программе Matlab/Simulink			2			4
2.3	Тема 3. Проверка работоспособности имитационной модели трехфазной мостовой схемы выпрямления на активную, активно-индуктивную, емкостную нагрузку и противо-эдс. в программе Matlab/Simulink.			2			2
2.4	Тема 4. Структура и принцип работы системы импульсно-фазового управления. Фазовая, регулировочная и внешняя характеристика преобразователя.		2				4
2.5	Тема 5. Принцип работы полностью управляемого полупроводникового модуля. Временные диаграммы открытия и закрытия. Динамические потери. Потери проводимости.		2				4
2.6	Тема 6. Трехфазный мостовой преобразователь на полностью управляемых полупроводниковых модулях. Базовый закон коммутации.		2				2
3	**Раздел 3. Электромагнитные процессы в управляемых выпрямителях**	**42**	**8**	**8**	**8**	**0**	**18**
3.1	Тема 1. Исследование системы импульсно-фазового управления трехфазным мостовым тиристорным преобразователем.				4		4
3.2	Тема 2. Исследование управляемого выпрямителя по трехфазной мостовой схеме выпрямления при работе на активную, активно-				4		4

	индуктивную, емкостную нагрузку и противо-эдс.						
3.3	Тема 3. Разработка системы импульсно-фазового управления трехфазным мостовым тиристорным преобразователем в программе Matlab/Simulink			2			4
3.4	Тема 4. Проверка работоспособности имитационной модели системы импульсно-фазового управления трехфазным мостовым тиристорным преобразователем в программе Matlab/Simulink.			2			2
3.5	Тема 5. Разработка управляемого выпрямителя по трехфазной мостовой схеме выпрямления при работе на активную, активно-индуктивную, емкостную нагрузку и противо-эдс в программе Matlab/Simulink			2			2
3.6	Тема 6. Проверка работоспособности имитационной модели управляемого выпрямителя по трехфазной мостовой схеме выпрямления при работе на активную, активно-индуктивную, емкостную нагрузку и противо-эдс в программе Matlab/Simulink			2			2
4	**Раздел 4. Преобразователи частоты**	**40**	**10**	**6**	**6**	**0**	**18**
4.1	Тема 1. Однофазный мостовой преобразователь на основе полностью управляемых полупроводниковых модулей. Принцип широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Однополярная и биполярная ШИМ.		4				4
4.2	Тема 2. Синусоидальная ШИМ. Коэффициент модуляции. Синусоидальная ШИМ с предмодуляцией. Автономный инвертор напряжения (АИН). Принцип работы, основные характеристики и особенности работы на активно-индуктивную нагрузку и противо-э.д.с.		4				2
4.3	Тема 3. Разработка алгоритма синусоидальной ШИМ трехфазного мостового автономного инвертора напряжения в программе Matlab/Simulink			4			4

4.4	Тема 4. Проверка работоспособности имитационной модели алгоритма синусоидальной ШИМ трехфазного мостового автономного инвертора напряжения в программе Matlab/Simulink.			2			2
4.5	Тема 5. Исследование автономного инвертора напряжения на основе ШИМ.				6		4
4.6	Тема 6. 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.		2				2
	Итого	**144**	**36**	**18**	**18**	**0**	**72**

3.3 Содержание дисциплины

Раздел 1. Введение с системы силовой преобразовательной техники

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. Основные характеристики и принцип работы однофазной однополупериодной схемы выпрямления. Работа на активную, активноиндуктивную, активно-емкостную нагрузку и на противо-э.д.с. Принцип работы и основные характеристики трехфазной нулевой схемы выпрямления. Работа схемы на активную, активно-индуктивную, активноемкостную нагрузку и противо-э.д.с. Принцип работы и основные характеристики однофазной однополупериодной схемы выпрямления. Угол проводимости и угол регулирования. Работа схемы на активную, актив-но-индуктивную, активноемкостную нагрузку и противо-э.д.с. Режим непрерывного, граничного и прерывистого тока. Принцип работы и основные характеристики трехфазной мостовой схемы выпрямления. Работа схемы на активную, активно-индуктивную, активноемкостную нагрузку и противо-э.д.с. Реверсивный тиристорный преобразователь. Структура и принцип работы системы импульсно-фазового управления. Фазовая, регулировочная и внешняя характеристика преобразователя.

Раздел 2. Полупроводниковые выпрямители

Исследование трехфазной мостовой схемы выпрямления на активную, активно-индуктивную, емкостную нагрузку и противо-эдс. Разработка трехфазной мостовой схемы выпрямления на активную, активно-индуктивную, емкостную нагрузку и противо-эдс. в программе Matlab/Simulink. Проверка работоспособности имитационной модели трехфазной мостовой схемы выпрямления на активную, активно-индуктивную, емкостную нагрузку и противо-эдс. в программе Matlab/Simulink. Структура и принцип работы системы импульсно-фазового управления. Фазовая, регулировочная и внешняя характеристика преобразователя. Принцип работы полностью управляемого полупроводникового модуля. Временные диаграммы открытия и закрытия. Динамические потери. Потери проводимости. Трехфазный

мостовой преобразователь на полностью управляемых полупроводниковых модулях. Базовый закон коммутации.

Раздел 3. Электромагнитные процессы в управляемых выпрямителях

Исследование системы импульсно-фазового управления трехфазным мостовым тиристорным преобразователем. Исследование управляемого выпрямителя по трехфазной мостовой схеме выпрямления при работе на активную, активно-индуктивную, емкостную нагрузку и противо-эдс. Разработка системы импульсно-фазового управления трехфазным мостовым тиристорным преобразователем в программе Matlab/Simulink. Проверка работоспособности имитационной модели системы импульсно-фазового управления трехфазным мостовым тиристорным преобразователем в программе Matlab/Simulink. Разработка управляемого выпрямителя по трехфазной мостовой схеме выпрямления при работе на активную, активно-индуктивную, емкостную нагрузку и противо-эдс в программе Matlab/Simulink. Проверка работоспособности имитационной модели управляемого выпрямителя по трехфазной мостовой схеме выпрямления при работе на активную, активно-индуктивную, емкостную нагрузку и противо-эдс в программе Matlab/Simulink

Раздел 4. Преобразователи частоты

Однофазный мостовой преобразователь на основе полностью управляемых полупроводниковых модулей. Принцип широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Однополярная и биполярная ШИМ. инусоидальная ШИМ. Коэффициент модуляции. Синусоидальная ШИМ с предмодуляцией. Автономный инвертор напряжения (АИН). Принцип работы, основные характеристики и особенности работы на активно-индуктивную нагрузку и противо-э.д.с. Разработка алгоритма синусоидальной ШИМ трехфазного мостового автономного инвертора напряжения в программе Matlab/Simulink. Проверка работоспособности имитационной модели алгоритма синусоидальной ШИМ трехфазного мостового автономного инвертора напряжения в программе Matlab/Simulink. Исследование автономного инвертора напряжения на основе ШИМ. 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.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1 Семинарские/практические занятия

Практические занятия 1-2. Практическая работа №1. Разработка трехфазной мостовой схемы выпрямления на активную, активно-индуктивную, емкостную нагрузку и противо-эдс. в программе Matlab/Simulink. Проверка работоспособности имитационной модели трехфазной мостовой схемы выпрямления на активную, активно-индуктивную, емкостную нагрузку и противо-эдс. в программе Matlab/Simulink.

Практические занятия 3-4. Практическая работа №2. Разработка системы импульсно-фазового управления трехфазным мостовым тиристорным преобразователем в программе Matlab/Simulink. Проверка работоспособности имитационной модели системы импульсно-фазового управления трехфазным мостовым тиристорным преобразователем в программе Matlab/Simulink.

Практические занятия 5-6. Практическая работа №3. Разработка управляемого выпрямителя по трехфазной мостовой схеме выпрямления при работе на активную, активно-индуктивную, емкостную нагрузку и противо-эдс в программе Matlab/Simulink. Проверка работоспособности имитационной модели управляемого выпрямителя по трехфазной

мостовой схеме выпрямления при работе на активную, активно-индуктивную, емкостную нагрузку и противо-эдс в программе Matlab/Simulink.

Практические занятия 7-9. Практическая работа №4. Разработка алгоритма синусоидальной ШИМ трехфазного мостового автономного инвертора напряжения в программе Matlab/Simulink. Проверка работоспособности имитационной модели алгоритма синусоидальной ШИМ трехфазного мостового автономного инвертора напряжения в программе Matlab/Simulink.

3.4.2 Лабораторные занятия

Лабораторные занятия 1-2. Лабораторная работа №1. Исследование трехфазной мостовой схемы выпрямления на активную, активно-индуктивную, емкостную нагрузку и противо-эдс.

Лабораторные занятия 3-4. Лабораторная работа №2. Исследование системы импульсно-фазового управления трехфазным мостовым тиристорным преобразователем.

Лабораторные занятия 5-6. Лабораторная работа №3. Исследование управляемого выпрямителя по трехфазной мостовой схеме выпрямления при работе на активную, активно-индуктивную, емкостную нагрузку и противо-эдс.

Лабораторные занятия 7-9. Лабораторная работа №4. Исследование автономного инвертора напряжения на основе ШИМ.

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Не предусмотрены

4 Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

Не предусмотрены

4.2 Основная литература

1. Силовая электроника : учебное пособие / составители А. С. Яблоков, Н. А. Климов. — пос. Караваево : КГСХА, 2021. — 100 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/252155.

2. Силовая электроника : учебно-методическое пособие / А. В. Удовиченко, Е. В. Гришанов, С. В. Кучак, Р. Ю. Сараханова. — Новосибирск : НГТУ, 2021. — 76 с. — ISBN 978-5-7782-4584-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/306314.

3. Негадаев, В. А. Силовая электроника : учебное пособие / В. А. Негадаев. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2020. — 126 с. — ISBN 978-5-00137-161-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/145145.

4. Розанов, Ю. К. Силовая электроника : учебник / Ю. К. Розанов. — 2-е изд., испр. и перераб. — Москва : НИУ МЭИ, 2018. — 508 с. — ISBN 978-5-7046-1988-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/276884.

5. Родыгин, А. В. Устройства силовой электроники : учебное пособие / А. В. Родыгин. — Новосибирск : НГТУ, 2020. — 76 с. — ISBN 978-5-7782-4129-9. — Текст :

электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/152192.

6. Москатов, Е. А. Силовая электроника. Теория и конструирование : монография / Е. А. Москатов. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. — 344 с. — ISBN 978-5-9729-1364-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/347738.

7. Основы силовой электроники : учебно-методическое пособие / В. И. Попов, Е. Д. Баранов, А. В. Удовиченко [и др.]. — Новосибирск : НГТУ, 2019. — 92 с. — ISBN 978-5-7782-3943-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/152214.

4.3 Дополнительная литература

1. Основы силовой электроники : монография / А. И. Белоус, В. .. Солодуха, С. А. Ефименко, В. А. Пилипенко. — Москва : Техносфера, 2019. — 424 с. — ISBN 978-5-94836-565-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/175542.

2. Белоус, А. И. Полупроводниковая силовая электроника / А. И. Белоус, С. А. Ефименко, А. С. Турцевич. — Москва : Техносфера, 2013. — 216 с. — ISBN 978-5-94836-367-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/73530.

3. Юркевич, В. Д. Математические модели устройств силовой электроники : учебное пособие / В. Д. Юркевич. — Новосибирск : НГТУ, 2023. — 92 с. — ISBN 978-5-7782-4855-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/404801.

4. Ладенко, Н. В. Выпрямительные устройства в силовой электронике : учебное пособие / Н. В. Ладенко. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 168 с. — ISBN 978-5-9729-0382-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/148373.

5. Основы силовой электроники. Силовые полупроводниковые приборы : учебное пособие / А. А. Богомяков, Н. А. Голов, Ю. А. Евсеев [и др.] ; под редакцией Ф. И. Ковалева, В. А. Усачева. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2012. — 247 с. — ISBN 978-5-7038-3441-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/106448.

6. Сукер, К. Силовая электроника. Руководство разработчика : руководство / К. Сукер. — Москва : ДМК Пресс, 2010. — 252 с. — ISBN 978-5-94120-173-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/60995.

7. Решетников, А. Н. Основы систем автоматизированного проектирования устройств силовой электроники : учебно-методическое пособие / А. Н. Решетников, Е. А. Косых. — Новосибирск : НГТУ, 2022. — 46 с. — ISBN 978-5-7782-4641-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/306041.

8. Аристов, А. В. Преобразователи электрической энергии силовой электроники : учебное пособие : в 2 частях / А. В. Аристов ; под редакцией В. П. Петровича. — Томск : ТПУ, 2021 — Часть 2 — 2021. — 200 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/246278.

9. Герасимов, А. С. Судовая электроника и силовая преобразовательная техника: конспект лекций : учебное пособие / А. С. Герасимов, М. С. Сандлер. — Москва : РУТ (МИИТ), 2014. — 108 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/188298.

10. Петрович, В. П. Преобразователи электрической энергии силовой электроники : учебное пособие : в 2 частях / В. П. Петрович. — Томск : ТПУ, 2020 — Часть 1 — 2020. — 184 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/246320.

11. Фролов, В. Я. Устройства силовой электроники и преобразовательной техники с разомкнутыми и замкнутыми системами управления в среде Matlab — Simulink / В. Я. Фролов, В. В. Смородинов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 332 с. — ISBN 978-5-507-47260-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/349991.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

Не предусмотрено

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. Microsoft-Office
2. MATLAB/Simulink
3. Microsoft-Windows

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам Федеральный портал http://window.edu.ru

2. Компьютерные информационно-правовые системы «Консультант» http://www.consultant.ru, «Гарант» http://www.garant.ru

3. Официальный интернет-портал правовой информации http://pravo.gov.ru.

4. Научная электронная библиотека http://www.elibrary.ru

5. Российская государственная библиотека http://www.rsl.ru

6. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» https://biblioclub.ru/index.php

5 Материально-техническое обеспечение

1. Компьютерный класс с предустановленным программным обеспечением, указанным в п. 4.5, мультимедийное оборудование (проектор, персональный компьютер преподавателя).

2. Аудитория для лекционных, практических занятий. Оборудование и аппаратура: аудиторная доска, возможность использования мультимедийного комплекса.

3. Специализированная аудитория для лабораторных работ. Оборудование и аппаратура: аудиторная доска, измерительный интерфейс UniTrain в комплекте с виртуальными инструментами (basic VI), Модуль расширения UniTrain Experimenter, BLDC/ серво мотор, компьютеры (блок, монитор, клавиатура, мышка).

6 Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

На первом занятии по дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения (темами курса, формами занятий, текущего и промежуточного контроля), раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, довести до студентов требования к форме отчетности и применения видов контроля. Выдаются задания для подготовки к практическим и лабораторным занятиям.

При подготовке к практическим и лабораторным работам по перечню объявленных тем преподавателю необходимо уточнить план их проведения, продумать формулировки и содержание учебных вопросов, выносимых на обсуждение, ознакомиться с перечнем тематических вопросов.

В ходе работы во вступительном слове раскрыть практическую значимость темы работы, определить порядок ее проведения, время на обсуждение каждого учебного вопроса. Применяя фронтальный опрос дать возможность выступить всем студентам, присутствующим на занятии.

В заключительной части работы следует подвести ее итоги: раскрыть положительные стороны и недостатки. Ответить на вопросы студентов. Выдать задания для самостоятельной работы по подготовке к следующему занятию.

Методика преподавания дисциплины «Силовая преобразовательная техника» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

– подготовка к выполнению и защита лабораторных и практических работ с помощью специализированного программного обеспечения;

– защита и индивидуальное обсуждение выполняемых этапов РГР;

– технологии анализа ситуаций для активного обучения, которые позволяют студентам соединить теорию и практику, представить примеры принимаемых решений и их последствий, демонстрировать различные позиции, формировать навыки оценки альтернативных вариантов в вероятностных условиях.

Обучение по дисциплине ведется с применением традиционных потоково-групповых информационно-телекоммуникационных технологий. При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационно-телекоммуникационные технологии: презентации с применением проектора и программы PowerPoint.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое самостоятельное получение студентами навыков работы в программе математического моделирования, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Задачи самостоятельной работы студента:

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;

- освоение содержания дисциплины;
- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к экзамену.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы:

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- выполнение и защита РГР;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к лабораторным работам;
- подготовка к экзамену.

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:

- определение цели самостоятельной работы;
- конкретизация познавательной задачи;
- самооценка готовности к самостоятельной работе;
- выбор адекватного способа действия, ведущего к решению задачи;
- планирование работы (самостоятельной или с помощью преподавателя) над заданием;
- осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля (промежуточного и конечного) результатов работы и корректировка выполнения работы;
- рефлексия;
- презентация работы.

7 Фонд оценочных средств

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- защита практических работ;
- защита лабораторных работ;
- экзамен;
- выполнение и защита РГР.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные задания по практическим работам индивидуально для каждого обучающегося.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	**Наименование компетенции выпускника**
ПК-5	Способен выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств мехатронных систем в соответствии с техническим заданием, в том числе с использованием средств автоматизации проектирования

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Перечень оценочных средств по дисциплине «Силовая преобразовательная техника»

№ п/п	Вид контроля результатов обучения	Наименование контроля результатов обучения	Краткая характеристика оценочного средства
1	Текущий	Защита практической работы	Практическая работа выполняется индивидуально каждым студентом. Оформленный отчет студент сдает преподавателю на проверку в заранее установленный срок. При проверке преподаватель оценивает качество оформления, правильность расчетов и выводов. К защите практической работы допускаются студенты, которые выполнили работу, оформили в соответствии с требованиями отчет о практической работе и предоставили его к защите. Каждому студенту задается не менее 3-х вопросов на тему практической работы. Далее проводится защита отчёта каждым студентом индивидуально в формате "вопрос-ответ" (задаются 3 вопроса).
	Текущий	Защита лабораторной работы	Лабораторная работа выполняется индивидуально каждым студентом. Оформленный отчет студент сдает преподавателю на проверку в заранее установленный срок. При проверке преподаватель оценивает качество оформления, правильность расчетов и выводов. К защите лабораторной работы допускаются студенты, которые выполнили работу, оформили в соответствии с требованиями отчет о лабораторной работе и предоставили его к защите. Каждому студенту задается не менее 3-х вопросов на тему лабораторной работы. Далее проводится защита отчета каждым студентом индивидуально в формате "вопрос-ответ" (задаются 3 вопроса).
2	Текущий	Выполнение и защита РГР	Обучающийся в течение семестра самостоятельно выполняет ряд заданий в соответствие с методическим указанием. РГР оценивается по 100 бальной шкале. При проверке преподаватель оценивает качество оформления, правильность расчетов и выводов. Далее проводится защита РГР каждого студента индивидуально в формате "вопрос-ответ" (задаются 3 вопроса).

3	Промежуточный	Экзамен	Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно». Экзамен проводится в устной форме. В аудитории находится преподаватель и не более 5 человек из числа студентов. Во время проведения экзамена его участникам запрещается иметь при себе и использовать средства связи (сотовые телефоны, микрофоны и пр.). Студенту выдается билет с тремя вопросами. Количество дополнительных вопросов – не более двух. Количество дополнительных вопросов зависит от полноты ответа студента. Длительность экзамена 2 часа (120 минут).

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

Критерии оценивания компетенций

Показатель	**Критерии оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**
ПК-5. Способен выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств мехатронных систем в соответствии с техническим заданием, в том числе с использованием средств автоматизации проектирования.				
знать: принципы работы, основные понятия, определения, технические характеристики и	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний:	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: принципы работы,	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: принципы работы,	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: принципы работы,

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)	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).	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). Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	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). Допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	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). Свободно оперирует приобретенными знаниями.
уметь: читать силовые электрические схемы силовых полупроводниковых преобразователей; пользоваться специализированными программными продуктами для моделирования и контроля силовых полупроводниковых преобразователей; использовать цифровые модели полупроводниковы	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет читать силовые электрические схемы силовых полупроводниковых преобразователей; пользоваться специализированными программными продуктами для моделирования и контроля силовых полупроводниковых преобразователей;	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: читать силовые электрические схемы силовых полупроводниковых преобразователей; пользоваться специализированными программными продуктами для моделирования и контроля силовых полупроводниковы	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: читать силовые электрические схемы силовых полупроводниковых преобразователей; пользоваться специализированными программными продуктами для моделирования и контроля силовых полупроводниковы	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: читать силовые электрические схемы силовых полупроводниковых преобразователей; пользоваться специализированными программными продуктами для моделирования и контроля силовых полупроводниковы

х преобразователей при разработке технической документации по технологическому обслуживанию и ремонту	использовать цифровые модели полупроводниковых преобразователей при разработке технической документации по технологическому обслуживанию и ремонту	х преобразователей; использовать цифровые модели полупроводниковых преобразователей при разработке технической документации по технологическому обслуживанию и ремонту. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	х преобразователей; использовать цифровые модели полупроводниковых преобразователей при разработке технической документации по технологическому обслуживанию и ремонту. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	х преобразователей; использовать цифровые модели полупроводниковых преобразователей при разработке технической документации по технологическому обслуживанию и ремонту. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: практическим опытом оценки и анализа характеристик работы силовых полупроводниковых преобразователей	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет практическим опытом оценки и анализа характеристик работы силовых полупроводниковых преобразователей	Обучающийся не в полностью владеет практическим опытом оценки и анализа характеристик работы силовых полупроводниковых преобразователей. Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет практическим опытом оценки и анализа характеристик работы силовых полупроводниковых преобразователей. Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет практическим опытом оценки и анализа характеристик работы силовых полупроводниковых преобразователей. Свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

Шкала оценивания промежуточной аттестации: экзамен

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками,

	применяет их в ситуациях повышенной сложности, не испытывает затруднений при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует частичное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент не может оперировать знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Шкала оценивания текущего контроля

Наименование контроля результатов обучения	Шкала оценивания	Описание
Защита практической работы	Зачтено: набрано 3 и более баллов Незачтено: набрано 2 и менее баллов Расчеты выполнены верно – 1 балл, выводы логичны и обоснованы – 1 балл, оформление работы соответствует требованиям – 1 балл, правильный ответ на один вопрос (при защите задаётся 2 вопроса) – 1 балл.	Отчет по практической работе содержит расчеты, выводы. Защита отчета по практической работе осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность расчетов и выводов. Студенты не выполнившие практическую работу к защите не допускаются
Защита лабораторной работы	Зачтено: набрано 3 и более баллов Незачтено: набрано 2 и менее баллов Расчеты выполнены верно – 1 балл, выводы логичны и	Отчет по лабораторной работе содержит расчеты, выводы. Защита отчета по лабораторной работе осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчет.

	обоснованы – 1 балл, оформление работы соответствует требованиям – 1 балл, правильный ответ на один вопрос (при защите задаётся 2 вопроса) – 1 балл.	Оценивается качество оформления, правильность расчетов и выводов. Студенты не выполнившие лабораторную работу к защите не допускаются
Выполнение и защита РГР	От 0 до 100 баллов	Набрано 85 и более баллов за РГР. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности, не испытывает затруднений при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации. Набрано от 70 до 84 баллов. Студент демонстрирует частичное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации. Набрано от 51 до 69 баллов. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации Набрано менее 50 баллов. Студент демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется

		отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент не может оперировать знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

7.3 Оценочные средства

7.3.1 Текущий контроль

Теоретические вопросы к практической работе №1:

1. Вольт-амперная характеристика силового диода, основные характеристики.
2. Основные характеристики однофазной однополупериодной схемы выпрямления.
3. Особенности работы однофазной однополупериодной схемы выпрямления на активную нагрузку.
4. Особенности работы однофазной однополупериодной схемы выпрямления на активно-индуктивную нагрузку.
5. Особенности работы однофазной однополупериодной схемы выпрямления на емкостную нагрузку.

Теоретические вопросы к практической работе №2:

1. Структура системы импульсно-фазового управления.
2. Назначение основных функциональных блоков системы импульсно-фазового управления.
3. Узел синхронизации.
4. Компаратор.
5. Устройство раздачи импульсов (драйвер).

Теоретические вопросы к практической работе №3:

1. Вольт-амперная характеристика тиристора. Основные параметры.
2. Параметры, характеризующие предельные возможности тиристора.
3. Переходный процесс открытия и закрытия тиристора.
4. Основные характеристики трехфазной мостовой схемы выпрямления.
5. Особенности работы управляемого выпрямителя по трехфазной мостовой схеме выпрямления на активную нагрузку.

Теоретические вопросы к практической работе №4:

1. Принцип работы, разновидности и основные характеристики полностью управляемых полупроводниковых ключей.
2. Силовая схема трехфазного мостового автономного инвертора напряжения.
3. Принцип базового закона коммутации.
4. Принцип широтно-импульсной модуляции (ШИМ).
5. Однополярная и биполярная ШИМ.

Теоретические вопросы к лабораторной работе №1:

1. Основные характеристики трехфазной мостовой схемы выпрямления.
2. Особенности работы трехфазной мостовой схемы выпрямления на активную нагрузку.
3. Особенности работы трехфазной мостовой схемы выпрямления на активно-индуктивную нагрузку.
4. Особенности работы трехфазной мостовой схемы выпрямления на емкостную нагрузку.
5. Особенности работы трехфазной мостовой схемы выпрямления на противо-эдс."

Теоретические вопросы к лабораторной работе №2:

1. Регулировочные характеристики управляемых выпрямителей при различных нагрузках.
2. Фазовые характеристики управляемых выпрямителей при различных нагрузках.
3. Требования, предъявляемые к системе импульсно-фазового управления.
4. Основные виды защит в системе импульсно-фазового управления.
5. Погрешности системы импульсно-фазового управления.

Теоретические вопросы к лабораторной работе №3:

1. Особенности работы управляемого выпрямителя по трехфазной мостовой схеме выпрямления на активно-индуктивную нагрузку.
2. Особенности работы управляемого выпрямителя по трехфазной мостовой схеме выпрямления на емкостную нагрузку.
3. Особенности работы управляемого выпрямителя по трехфазной мостовой схеме выпрямления на противо-эдс."
4. Режим непрерывного, граничного и прерывистого тока.
5. Внешняя характеристика нереверсивного и реверсивного тиристорного преобразователя по трехфазной мостовой схеме выпрямления.

Теоретические вопросы к лабораторной работе №4:

1. Алгоритм синусоидальной ШИМ.
2. Основные характеристики трехфазного мостового автономного инвертора напряжения.
3. Особенности работы трехфазного мостового автономного инвертора напряжения на активно-индуктивную нагрузку.
4. Особенности работы трехфазного мостового автономного инвертора напряжения на емкостную нагрузку.
5. Особенности работы трехфазного мостового автономного инвертора напряжения на противо-эдс."

РГР

Содержание ***основной части***:
1. Расчет и выбор основного силового электрооборудования

1.1 Расчет и выбор преобразователя частоты
1.1.1 Расчет и выбор автономного инвертора напряжения
1.1.2 Расчет и выбор полупроводниковых модулей IGBT для инвертора напряжения
1.1.3 Расчет и выбор активного выпрямителя напряжения
1.1.4 Расчет и выбор полупроводниковых модулей IGBT для активного выпрямителя
1.1.5 Расчет фильтра звена постоянного тока
1.2 Выбор силового трансформатора
1.3 Выбор силовых фильтров
2. Расчет и построение основных характеристик
2.1 Построение регулировочной характеристики автономного инвертора
2.2 Построение внешней характеристики автономного инвертора
3. Выбор основных компонентов защиты преобразователя частоты и полупроводниковых модулей
3.1 Выбор силового выключателя
3.2 Выбор силового контактора
3.3 Выбор демпфирующих (снабберных) цепей
3.4 Выбор блока динамического торможения
3.5 Контроль напряжения звена постоянного тока

Оформление РГР

РГР состоит из пояснительной записки объемом 30-40 страниц. Оформление пояснительной записки и графической части проекта должно соответствовать стандарту университета.

При оформлении пояснительной записки необходимо выполнять следующие требования:

- все расчеты выполняются в основных единицах измерения международной системы;
- все позиции формулы должны быть расшифрованы;
- нумеруются только те формулы, на которые далее следуют ссылки в тексте;
- при выполнении расчетов сначала приводится формула в общем виде, а затем - в числовом выражении для всех позиций формулы;
- рисунки и таблицы должны следовать сразу за первой ссылкой на них в тексте;
- литература должна иметь сквозную нумерацию, если в тексте нет ссылок на соответствующую литературу, ее не должно быть в списке использованных источников;

Типовые вопросы к защите РГР

Текст вопроса
Силовая схема трехфазного мостового автономного инвертора напряжения.
Принцип базового закона коммутации.
Принцип широтно-импульсной модуляции (ШИМ).
Однополярная и биполярная ШИМ.
Алгоритм синусоидальной ШИМ.
Основные характеристики трехфазного мостового автономного инвертора напряжения.
Особенности работы трехфазного мостового автономного инвертора напряжения на активно-индуктивную нагрузку.

Особенности работы трехфазного мостового автономного инвертора напряжения на емкостную нагрузку.
Особенности работы трехфазного мостового автономного инвертора напряжения на противо-эдс."

7.3.2 Промежуточная аттестация

Перечень вопросов к экзамену

Текст вопроса	**Код компетен-ции**
1. Вольт-амперная характеристика силового диода, основные характеристики.	ПК-5
2. Основные характеристики однофазной однополупериодной схемы выпрямления.	ПК-5
3. Особенности работы однофазной однополупериодной схемы выпрямления на активную нагрузку.	ПК-5
4. Особенности работы однофазной однополупериодной схемы выпрямления на активно-индуктивную нагрузку.	ПК-5
5. Особенности работы однофазной однополупериодной схемы выпрямления на емкостную нагрузку.	ПК-5
6. Основные характеристики трехфазной мостовой схемы выпрямления.	ПК-5
7. Особенности работы трехфазной мостовой схемы выпрямления на активную нагрузку.	ПК-5
8. Особенности работы трехфазной мостовой схемы выпрямления на активно-индуктивную нагрузку.	ПК-5
9. Особенности работы трехфазной мостовой схемы выпрямления на емкостную нагрузку.10. Особенности работы трехфазной мостовой схемы выпрямления на противо-эдс."	ПК-5
11. Структура системы импульсно-фазового управления.	ПК-5
12. Назначение основных функциональных блоков системы импульсно-фазового управления.	ПК-5
13. Регулировочные характеристики управляемых выпрямителей при различных нагрузках.	ПК-5
14. Фазовые характеристики управляемых выпрямителей при различных нагрузках.	ПК-5
15. Требования, предъявляемые к системе импульсно-фазового управления.	ПК-5
16. Вольт-амперная характеристика тиристора. Основные параметры.	ПК-5
17. Параметры, характеризующие предельные возможности тиристора.	ПК-5
18. Переходный процесс открытия и закрытия тиристора.	ПК-5
19. Основные характеристики трехфазной мостовой схемы выпрямления.	ПК-5
20. Особенности работы управляемого выпрямителя по трехфазной мостовой схеме выпрямления на активную нагрузку.	ПК-5
21. Особенности работы управляемого выпрямителя по трехфазной мостовой схеме выпрямления на активно-индуктивную нагрузку.	ПК-5
22. Особенности работы управляемого выпрямителя по трехфазной мостовой схеме выпрямления на емкостную нагрузку.	ПК-5
23. Особенности работы управляемого выпрямителя по трехфазной мостовой схеме выпрямления на противо-эдс."	ПК-5

24. Режим непрерывного, граничного и прерывистого тока.	ПК-5
25. Внешняя характеристика нереверсивного и реверсивного тиристорного преобразователя по трехфазной мостовой схеме выпрямления.	ПК-5
26. Принцип работы, разновидности и основные характеристики полностью управляемых полупроводниковых ключей.	ПК-5
27. Силовая схема трехфазного мостового автономного инвертора напряжения.	ПК-5
28. Принцип базового закона коммутации.	ПК-5
29. Принцип широтно-импульсной модуляции (ШИМ).	ПК-5
30. Однополярная и биполярная ШИМ.	ПК-5
31. Алгоритм синусоидальной ШИМ.	ПК-5
32. Основные характеристики трехфазного мостового автономного инвертора напряжения.	ПК-5
33. Особенности работы трехфазного мостового автономного инвертора напряжения на активно-индуктивную нагрузку.	ПК-5
34. Особенности работы трехфазного мостового автономного инвертора напряжения на емкостную нагрузку.	ПК-5
35. Особенности работы трехфазного мостового автономного инвертора напряжения на противо-эдс."	ПК-5