Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор Департамента по образовательной политике
Дата подписания: 17.09.2025 15:24:16
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет Урбанистики и городского хозяйства

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
_____ /К.И. Лушин/

«27» февраля 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Полупроводниковые преобразователи с высокими энергетическими показателями»

Направление подготовки
13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Профиль
«Интеллектуальные системы электрооборудования и промышленной электроники»

Квалификация
магистр

Формы обучения
очная

Москва, 2025 г.

Разработчик(и):
Профессор кафедры «Электрооборудование
и промышленная электроника»,
д.т.н., доцент  /М.М. Дудкин/

Согласовано:
Заведующий кафедрой «Электрооборудование
и промышленная электроника»,
к.т.н., доцент  /А.Н. Шишков/

Руководитель образовательной программы,
к.т.н., доцент  /А.Н. Шишков/

Содержание

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине «Полупроводниковые преобразователи с высокими энергетическими показателями».....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 5
3.3 Содержание дисциплины 6
3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий 8
3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ) 9
4 Учебно-методическое и информационное обеспечение.....9
4.1 Нормативные документы и ГОСТы.....9
4.2 Основная литература 9
4.3 Дополнительная литература 9
4.4 Электронные образовательные ресурсы.....9
4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение.....10
4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы.....10
5 Материально-техническое обеспечение.....10
6 Методические рекомендации 10
6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 10
6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины. 11
7 Фонд оценочных средств 11
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения.....11
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения.....12
7.3 Оценочные средства 12

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине «Полупроводниковые преобразователи с высокими энергетическими показателями»

Целью изучения дисциплины является изучение вентильных преобразователей с высокими энергетическими показателями, развить навыки их расчета, анализа и моделирования электромагнитных процессов, синтеза новых схем с повышенными энергетическими показателями.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнение следующих задач: изучить принципы действия, характеристики, параметры, основы расчета, электромагнитные процессы в вентильных преобразователях с повышенными энергетическими показателями; проводить экспериментальные исследования и моделирование в вентильных преобразователях с повышенными энергетическими показателями; научиться синтезировать и анализировать новые схемы вентильных преобразователей с повышенными энергетическими показателями, обрабатывать результаты экспериментов и оформлять отчет. Новизна курса состоит в том, что в нем большое внимание уделяется изучению вентильных преобразователей, обеспечивающие высокую электромагнитную совместимость преобразователя с питающей сетью, а также устройствам, улучшающие показатели качества электроэнергии в системе электроснабжения, за счет применения новых современных устройств преобразовательной техники, таких как активные выпрямители, матричные преобразователи частоты, активные силовые фильтры-компенсаторы и др.

Планируемые результаты обучения, соотнесенные с установленными в ОПОП ВО индикаторами достижения компетенций.

Обучение по дисциплине **«Полупроводниковые преобразователи с высокими энергетическими показателями»** направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1. Способен участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности	ИПК-1.1. Умеет использовать методы спектрального анализа, линейных и нелинейных электрических цепей постоянного и переменного тока для расчета переходных и установившихся режимов преобразователей; выбирать параметры элементов силовой схемы преобразователей; рассчитывать режимы работы вентильных преобразователей; анализировать сложные электротехнические системы, содержащие различные виды преобразователей и другое оборудование; снимать характеристики устройств силовой электроники с применением электронных осциллографов и компьютеров. ИПК-1.2. Осуществляет экспериментальные исследований схем силовой электроники по заданной методике, обработку результатов эксперимента; готовность к составлению научно-технического отчета.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами ООП:

- информационные системы в электроэнергетике;
- системы управления электроприводов;
- цифровые двойники изделий.

3 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц (144 академических часа).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

(по формам обучения)

3.1.1 Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестр
			2
1	**Аудиторные занятия**	**54**	**54**
	В том числе:		
1.1	Лекции	36	36
1.2	Семинарские/практические занятия		
1.3	Лабораторные занятия	18	18
2	**Самостоятельная работа**	**90**	**90**
	В том числе:		
2.1	Оформление отчётов по лабораторным работам и подготовка к их защите.	20	30
2.2	Обучение в системе LMS	10	20
2.3	Подготовка к промежуточной аттестации	20	40
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. Энергетические характеристики управляемых и неуправляемых выпрямителей тока**	**30**	**6**	**-**	**4**	**-**	**20**
1.1	Тема 1. Влияние преобразователей на питающую сеть	12	2	-	-	-	10
1.2	Тема 2. Энергетические характеристики	18	4	-	4	-	10
2	**Раздел 2. Вентильные преобразователи с высокими энергетическими показателями**	**72**	**24**	**-**	**8**	**-**	**40**
2.1	Тема 1. Однофазный мостовой активный выпрямитель напряжения (АВН)	8	4	-	-	-	4
2.2	Тема 2. Трехфазный АВН	18	4	-	4	-	10
2.3	Тема 3. Пространственно-векторная широтно-импульсная модуляция (ШИМ)	6	2	-	-	-	4
2.4	Тема 4. Сравнение способов управления АВН	6	2	-	-	-	4
2.5	Тема 5. Высоковольтные двухзвенные преобразователи частоты (ДПЧ)	20	6	-	4	-	10
2.6	Тема 6. Пространственно-векторная ШИМ в трехфазном мостовом АИТ	8	4	-	-	-	4
2.7	Тема 7. Матричные преобразователи частоты	6	2	-	-	-	4
3	**Раздел 3. Устройства, повышающие качество электрической энергии в системах электроснабжения**	**42**	**6**	-	**6**	**-**	**30**
3.1	Тема 1. Устройства, повышающие качество электрической энергии в системах электроснабжения	7	2	-	-	-	5
3.2	Тема 2. Резонансные фильтры	7	2	-	-	-	5
3.3	Тема 3. Однофазный активный силовой фильтр-компенсатор	28	2	-	6	-	20
Итого:		**144**	**36**	**-**	**18**	**-**	**90**

3.3 Содержание дисциплины

Раздел 1. Энергетические характеристики управляемых и неуправляемых выпрямителей тока

Тема 1. Влияние преобразователей на питающую сеть

Влияние преобразователей на питающую сеть. Проблема компенсации реактивной мощности и высших гармоник в системе электроснабжения. Составляющие мощностей в силовой электронике. Коэффициент искажения напряжения сети.

Тема 2. Энергетические характеристики

Энергетические характеристики управляемых выпрямителей тока: КПД, гармонические составляющие в выпрямленном напряжении и первичном токе, коэффициент мощности, косинус фи.

Энергетические характеристики однофазных и трехфазных неуправляемых выпрямителей тока с емкостным фильтром: гармонические составляющие в первичном токе, коэффициент мощности, косинус фи. Двенадцатифазные схемы выпрямителей с последовательным и параллельным включением трехфазных мостов.

Раздел 2. Вентильные преобразователи с высокими энергетическими показателями

Тема 1. Однофазный мостовой активный выпрямитель напряжения (АВН)

Однофазный мостовой активный выпрямитель напряжения (АВН). Выпрямительный и инверторный режим работы. Схемы замещения на этапах коммутации для симметричного закона переключения силовых ключей. Система управления однофазного АВН со стабилизацией выпрямленного напряжения на основе релейно-токового регулирования.

Сетевой (пассивный) фильтр на входе АВН. Законы модуляции в однофазном АВН. Сравнение ШИМ и ЧШИМ. Анализ процессов в однофазном мостовом АВН. Векторные диаграммы в выпрямительном и инверторном режимах. Внешние и энергетические характеристики.

Тема 2. Трехфазный АВН

Трехфазный АВН с релейно-токовой системой управления. Однофазная полуостовная схема АВН. Схемы замещения на этапах коммутации. Выбор силовых элементов схемы. Система управления трехфазного АВН со стабилизацией выпрямленного напряжения на основе релейно-токового регулирования. Преимущества и недостатки.

Трехфазный АВН с векторной системой управления. abc, dq, альфа-бетта системы преобразования координат. Функциональная схема АВН с векторной системой управления: режимы потребления (генерации) только активной мощности, режим источника реактивного тока и генерации реактивной мощности.

Тема 3. Пространственно-векторная широтно-импульсная модуляция (ШИМ)

Пространственно-векторная широтно-импульсная модуляция (ШИМ). Теория пространственного вектора. Таблица базовых векторов. Выражения для расчета коэффициентов модуляции на каждом периоде ШИМ. Функциональная схема пространственно-векторной ШИМ. Регулировочная характеристика АВН. Расчет силовых элементов схемы.

Тема 4. Сравнение способов управления АВН

Сравнение способов управления АВН. Системы фазовой автоподстройки частоты (однофазные и трехфазные) для синхронизации АВН с напряжением сети. Применение активных выпрямителей в электроприводе. Двухзвенный преобразователь частоты на базе АВН и автономного инвертора напряжения, его преимущества и недостатки.

Тема 5. Высоковольтные двухзвенные преобразователи частоты (ДПЧ)

Высоковольтные двухзвенные преобразователи частоты (ДПЧ) для электроприводов переменного тока. Силовая схема и характеристики высоковольтных преобразователей частоты на базе трехуровневого автономного инвертора напряжения (АИН). Пространственно-векторная ШИМ в трехфазном трехуровневом АИН: силовая схема, комбинации силовых ключей для стойки фазы А, формирование базовых векторов для первого сектора, таблица базовых векторов, формирование пространственного вектора напряжения во всех сегментах первого сектора, 4 выражения расчета коэффициентов модуляции, функциональная схема микропроцессорной системы управления, временные диаграммы напряжений совместно с системой управления, регулировочная и спектральные характеристики. Сравнение трехфазного двухуровневого (мостового) и трехуровневого АИН.

Высоковольтные двухзвенные преобразователи частоты на основе автономных инверторов тока (АИТ) с управляемым и активным выпрямителями тока на входе: временные диаграммы токов и напряжений, преимущества и недостатки. Система управления трехфазного активного выпрямителя тока с векторной системой управления.

Тема 6. Пространственно-векторная ШИМ в трехфазном мостовом АИТ

Пространственно-векторная ШИМ в трехфазном мостовом АИТ: теория пространственного вектора, таблица базовых векторов, выражения расчета коэффициентов модуляции, временные диаграммы токов и напряжений совместно с системой управления, основные соотношения, регулировочная характеристика.

Тема 7. Матричные преобразователи частоты

Матричные преобразователи частоты: схема, временные диаграммы токов и напряжений, регулировочная характеристика, преимущества и недостатки.

Раздел 3. Устройства, повышающие качество электрической энергии в системах электроснабжения

Тема 1. Устройства, повышающие качество электрической энергии в системах электроснабжения

Устройства, повышающие качество электрической энергии в системах электроснабжения: конденсаторные батареи, конденсаторно-реакторные компенсаторы. Их преимущества и недостатки.

Тема 2. Резонансные фильтры

Резонансные фильтры: схема, принцип фильтрация, основные соотношения, добротность, преимущества и недостатки. Активные силовые фильтры. Последовательная, параллельная и последовательно-параллельная схемы включения. Преимущества и недостатки.

Тема 3. Однофазный активный силовой фильтр-компенсатор

Однофазный активный силовой фильтр-компенсатор: схема, система управления, временные диаграммы токов и напряжения совместно с однофазным преобразователем частоты, а также активно-индуктивной нагрузкой и однофазным тиристорным выпрямителем, основные энергетические характеристики. Трехфазный активный фильтр–компенсатор пассивной мощности с релейно-векторной системой управления. Гибридные силовые фильтры

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1 Семинарские/практические занятия – нет

3.4.2 Лабораторные занятия

Лабораторная работа №1. Исследование трехфазного управляемого выпрямителя тока в режимах выпрямления и инвертирования в программе MatLab+Simulink. Изучение электромагнитных процессов, характеристик и энергетических показателей трехфазного управляемого выпрямителя тока, выполненного по мостовой схеме, в режимах выпрямления и инвертирования при работе на активно-индуктивную нагрузку с противо-ЭДС. Исследование влияния преобразователя на питающую сеть.

Лабораторная работа №2. Исследование трехфазного активного выпрямителя напряжения с векторной системой управления в программе MatLab+Simulink. Изучение электромагнитных процессов, характеристик и энергетических показателей трехфазного активного выпрямителя напряжения с векторной системой управления в режимах выпрямления и инвертирования.

Лабораторная работа №3. Исследование трехфазного трехуровневого автономного инвертора напряжения с пространственно-векторной широтно-импульсной модуляцией в программе MatLab+Simulink. Изучение электромагнитных процессов, регулировочных, внешних и энергетических характеристик трехфазного трехуровневого автономного инвертора напряжения (АИН) с пространственно-векторной широтно-импульсной модуляцией

(ШИМ) и законом управления U/f = const при работе на активно-индуктивную нагрузку с ПЭДС (имитация асинхронного электродвигателя).

Лабораторная работа №4. Исследование трехфазного активного фильтра-компенсатора с релейно-векторной системой управления в программе MatLab+Simulink. Изучение электромагнитных процессов, регулировочных, внешних и энергетических характеристик трехфазного активного фильтра-компенсатора с релейно-векторной системой управления совместно с трехфазным управляемым и неуправляемым выпрямителем тока.

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ) - нет

4 Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. Свод правил «Электротехнические устройства» СП 76.13330.2016. Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов.
2. ГОСТ 30331.1–2013 (IEC 60364–1:2005) Электроустановки низковольтные. Часть 1. Основные положения, оценка общих характеристик, термины и определения.

4.2 Основная литература

1. 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.
2. 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.
3. Забродин, Ю. С. Промышленная электроника [Текст] учеб. пособ. для вузов. - М.: Высшая школа, 1982. - 496 с. ил.

4.3 Дополнительная литература

1. Попков, О. З. Основы преобразовательной техники [Текст] учеб. пособие для вузов по направлению "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" О. З. Попков. - 3-е изд., стер. - М.: Издательский дом МЭИ, 2010. - 199,[1] с. ил.
2. Горбачев, Г. Н. Промышленная электроника Учеб. для энерг. спец. вузов под ред. В. А. Лабунцова. - М.: Энергоатомиздат, 1988. - 319,[1] с. ил.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

Проведение занятий и аттестаций возможно в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS) на основе разработанных кафедрой электронных образовательных ресурсов (ЭОР) по всем разделам программы:

Название ЭОР	Ссылка
Схемотехника преобразователей с высокими энергетическими показателями	https://lms.mospolytech.ru/local/crw/course.php?id=11343

Разработанный ЭОР включают промежуточный и итоговый тесты.

Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

Каждый студент обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронным библиотекам университета (http://lib.mami.ru/lib/content/elektronnyy-katalog).

Ссылка на электронную библиотеку:
https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=7621&section=1

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. МойОфис – российская компания-разработчик безопасных офисных решений для общения и совместной работы с документами (Альтернатива MS Office) https://myoffice.ru/

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Российская национальная библиотека http://www.nlr.ru
2. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» https://biblioclub.ru/index.php
3. Научная электронная библиотека http://www.elibrary.ru
4. Российская государственная библиотека http://www.rsl.ru
5. Образовательная платформа ЮРАЙТ http://www.urait.ru
6. «Техэксперт» – справочная система, предоставляющая нормативно-техническую, нормативно-правовую информацию https://техэксперт.сайт/
7. Электротехническая библиотека «Элек.ру» https://www.elec.ru/library/info/
8. Netelectro. Новости электротехники, оборудование. Информация о компаниях и выставках, статьи, объявления. https://netelectro.ru/
9. Электроцентр. http://electrocentr.info/

5 Материально-техническое обеспечение

Для проведения лекционных занятий используются аудитории, оснащенные компьютерами и интерактивной доской, мультимедийным проекторам и экранам: В-307 и аудитории общего фонда. Для проведения лабораторных работ используется аудитория: В-307 и аудитории в Инновационно-образовательном комплексе «Техноград», который расположен на территории ВДНХ.

6 Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

6.1.1 Преподаватель организует преподавание дисциплины в соответствии с требованиями «Положения об организации образовательного процесса в Московском политехническом университете и его филиалах», утверждённым ректором университета.

6.1.2 На первом занятии преподаватель доводит до сведения студентов содержание рабочей программы дисциплины (РПД).

6.1.3 Преподаватель особенно обращает внимание студентов на:

- виды и формы проведения занятий по дисциплине, включая порядок проведения занятий с применением технологий дистанционного обучения и системы дистанционного обучения университета (СДО Московского Политеха);
- виды, содержание и порядок проведения текущего контроля успеваемости в соответствии с фондом оценочных средств;

- форму, содержание и порядок проведения промежуточной аттестации в соответствии с фондом оценочных средств, предусмотренным РПД.

6.1.4 Преподаватель доводит до сведения студентов график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД.

6.1.5 Преподаватель рекомендует студентам основную и дополнительную литературу.

6.1.6 Преподаватель предоставляет перед промежуточной аттестацией (экзаменом или зачётом) список вопросов для подготовки.

6.1.7 Преподаватели, которые проводят лекционные и практические (семинарские) занятия, согласуют тематический план практических занятий, чтобы использовать единую систему обозначений, терминов, основных понятий дисциплины.

6.1.8 Целесообразно в ходе защиты лабораторных работ задавать выступающим и аудитории дополнительные и уточняющие вопросы с целью выяснения их позиций по существу обсуждаемых проблем.

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО Московского Политеха).

6.1.9 Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

6.2.1 Студенту необходимо составить для себя график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД с учётом требований других дисциплин, изучаемых в текущем семестре.

6.2.2 При проведении занятий и процедур текущей и промежуточной аттестации с использованием инструментов информационной образовательной среды дистанционного образования университета (СДО Московского Политеха), как во время контактной работы с преподавателем, так и во время самостоятельной работы студент должен обеспечить техническую возможность дистанционного подключения к системам дистанционного обучения. При отсутствии такой возможности обсудить ситуацию с преподавателем дисциплины.

6.2.3 К промежуточной аттестации допускаются только обучающиеся, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой дисциплины (РПД).

7 Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Форма промежуточной аттестации: 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».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Полупроводниковые преобразователи с высокими энергетическими показателями».

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Шкала оценивания результатов промежуточной аттестации **«экзамен»** и их описание:

Шкала оценивания	***Критерий оценивания***
Отлично	*Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, 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.*
Хорошо	*Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.*
Удовлетворительно	*Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.*
Неудовлетворительно	*Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, 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.*

7.3 Оценочные средства

7.3.1 Текущий контроль

1. Подготовка к выполнению, оформление отчетов и защита лабораторных работ, а также прохождение тестов в системе LMS.

7.3.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в форме письменного экзамена с последующим собеседованием по материалам ответа.

Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса. Список вопросов, выносимых на экзамен, выдается студентам на первом занятии. Для подготовки и написания ответа на билет студенту выделяется 40 минут. В процессе проведения собеседования студенту могут быть заданы дополнительные вопросы, не выходящие за рамки изученного курса.

Вопросы к экзамену:

1. Энергетические характеристики управляемых выпрямителей тока (КПД, гармонические составляющие в выпрямленном напряжение и первичном токе, коэффициент мощности).

2. Однофазный и трехфазный неуправляемый выпрямитель с емкостным фильтром, их энергетические характеристики (гармонический состав входного тока, коэффициент мощности, cosφ).

3. Пути улучшения энергетических показателей управляемых выпрямителей тока (применение сетевых фильтров, условно двенадцатифазная схема, схема с нулевыми вентилями, применение запираемых вентилей для улучшения cosφ).

4. Однофазный мостовой активный выпрямитель напряжения (обратимый преобразователь). Силовая схема, временные диаграммы работы в выпрямительном и инверторном режимах работы, схемы замещения на этапах коммутации. Векторные диаграммы в выпрямительном и инверторном режимах.

5. Система управления однофазного мостового активного выпрямителя напряжения (обратимого преобразователя) со стабилизацией выпрямленного напряжения и релейным регулированием. Внешние и энергетические характеристики однофазного активного выпрямителя.

6. Однофазная полумостовая схема активного выпрямителя напряжения (обратимого преобразователя). Система управления трехфазного активного выпрямителя напряжения на основе релейного регулирования.

7. Трехфазная схема активного выпрямителя напряжения (обратимого преобразователя) с векторной системой управления и пространственновекторной широтно-импульсной модуляцией.

8. Пространственно-векторная ШИМ в трехфазном мостовом АИН. Теория пространственного вектора. Формирование пространственных векторов для одного из состояний инвертора. Базовые ненулевые и нулевые вектора. Таблица состояния ключей. Вывод формул для коэффициентов включения ненулевых γ1, γ2 и нулевого γ0 векторов. Диаграммы коммутации ключей для любого сектора. Основные соотношения для выходного напряжения.

9. Однофазные и трехфазные системы фазовой автоподстройки частоты для синхронизации систем управления с питающей сетью.

10. Обзор силовых схем высоковольтных двухзвенных преобразователей частоты на базе автономных инверторов напряжения и тока.

11. Трехфазный трёхуровневый АИН, назначение элементов схемы, путь протекания тока. Комбинации включения силовых транзисторов в стойке моста. Таблица состояния ключей (большие, средние и малые базовые вектора). Формирование пространственного вектора напряжения в первом, втором, третьем и четвертом сегментах любого из шести возможных секторов трехуровневого АИН.

12. Пространственно-векторная ШИМ в трехфазном мостовом АИТ. Теория пространственного вектора. Формирование пространственных векторов для одного из состояний инвертора. Базовые ненулевые и нулевые вектора. Таблица состояния ключей. Вывод формул для коэффициентов включения ненулевых γ1, γ2 и нулевого γ0 векторов. Диаграммы коммутации ключей для любого сектора. Основные соотношения для выходного тока. Регулировочная характеристика АИТ. Преимущества и недостатки АИТ.

13. Применение активных выпрямителей в электроприводе. Двухзвенный преобразователь частоты на базе АВН и автономного инвертора напряжения, его преимущества и недостатки. Двухзвенный преобразователь частоты на базе активного выпрямителя тока и автономного инвертора тока, его преимущества и недостатки.

14. Матричные преобразователи частоты. Схема, силовые ключи, форма входного тока и выходного напряжения, основные соотношения, преимущества и недостатки.

15. Проблема компенсации реактивной мощности и высших гармоник в системе электроснабжения. Источники искажения и их влияние на сеть. Основные показатели качества СЭС (коэффициент искажения напряжения, полная, активная и пассивная мощности).

16. Статические компенсаторы реактивной мощности (конденсаторные батареи, конденсаторно-реакторные компенсаторы, вентильные компенсаторы на запираемых тиристорах).

17. Компенсация высших гармоник сети (пассивные резонансные и активные фильтры). Способы подключения активных фильтров к сети, принцип их работы, временные диаграммы токов и напряжений.

18. Трехфазный активный фильтр-компенсатор пассивной мощности искажений с релейно-векторной системой управления.

19. Методы улучшения энергетических показателей преобразователей и качества напряжения сети. Привести силовые схемы преобразователей, указать их основные преимущества и недостатки.