

Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Магистерская программа «Электроприводы и системы управления
электроприводов»
РПД Б1.В.02 «Элементы и схемотехника силовой электроники»



**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске**

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора филиала ФГБОУ ВО
«ННУ «МЭИ» в г. Смоленске
канд. техн. наук, доцент

В.В. Рожков

«06» 03 2026 г.



ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Владелец: Федулов Александр Сергеевич
Сертификат: 5A022291D0DE01CCADCB2B81371C7969
Действителен: 06.05.2025 - 30.07.2026

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Элементы и схемотехника силовой электроники

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки (специальность): **13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»**

Магистерская программа: **«Электроприводы и системы управления электроприводов»**

Уровень высшего образования: **магистратура**

Нормативный срок обучения: **2 года**

Форма обучения: **очная**

Год набора: **2026**

Смоленск

Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Магистерская программа «Электроприводы и системы управления
электроприводов»
РПД Б1.В.02 «Элементы и схемотехника силовой электроники»



Программа составлена с учетом ОС ВО по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника», утвержденного ректором ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Н.Д. Рогалевым 20.12.2023.

Программу составил:

подпись

к.т.н., доцент В.В. Рожков
ФИО

« 24 » февраля 2026 г.

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры «Электромеханические системы»
« 25 » февраля 2026 г., протокол № 2

Зам. заведующего кафедрой «Электромеханические системы»:

подпись

к.т.н., доцент В.А. Чернов
ФИО

« 05 » марта 2026 г.

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

**Ответственный в филиале по работе
с ЛОВЗ и инвалидами**

подпись

зам. начальника УУ Е.В. Зуева
ФИО

« 05 » марта 2026 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является подготовка обучающихся к проектной деятельности путем формирования знаний, умений и навыков в области технических решений проектирования силовых схем преобразователя и средств управления ими.

Задачи: изучение понятийного аппарата дисциплины, основных теоретических положений и методов, привитие навыков применения теоретических знаний для решения практических задач.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина Элементы и схемотехника силовой электроники относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Перечень последующих дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной дисциплиной:

- Электропривод с вентильными и шаговыми двигателями;
- Вентильно-индукторный электропривод;
- Частотно-регулируемый электропривод;
- Электропривод переменного тока;
- Ознакомительная практика;
- Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы;
- Современные электроприводы для машин переменного тока (факультативно).

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины направлено на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки:

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения
ПК-2. Способен производить анализ компонент и синтез электроприводов и систем управления электроприводов	ПК-2.1 Анализирует компоненты электроприводов и систем управления электроприводов	Знает: реализацию силовых схем и различных способов управления скоростью вращения двигателем постоянного тока и асинхронного путем воздействия на источник питания по каналу управления. Умеет: решать инженерно-технические и экономические задачи с применением средств прикладного программного обеспечения. Владеет: готовностью использовать современные достижения науки и передовой технологии в области проектирования компонент электроприводов.
	ПК-2.2 Синтезирует компоненты	Знает: принципы построения реали-



	<p>электроприводов и систем управления электроприводов на основе предварительно проведенного анализа</p>	<p>зацию силовых схем и систем управления преобразователей, аппаратное построение отдельных узлов, современные и перспективные компьютерные и информационные технологии.</p> <p>Умеет: применять современные методы исследования, проводить научные эксперименты, оценивать результаты выполненной работы.</p> <p>Владеет: приемами синтеза электрических схем, применяемых в электроприводах, и систем управления с различными регуляторами.</p>
--	--	---



4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Структура дисциплины:

№	Индекс	Наименование	Семестр 1											Семестр 2											Итого за курс											Каф.	Семестры					
			Контроль	Академических часов								з.е.	Неделя	Контроль	Академических часов								з.е.	Неделя																		
				Всего	Кон такт.	Лек	Лаб	Пр	КРП	СР	Конт роль				Всего	Кон такт.	Лек	Лаб	Пр	КРП	СР	Конт роль			з.е.	Неделя																
8	Б1.В.02	Элементы и схемотехника силовой электроники	Эк РГР	216	66	34	16	16		105	45	6																	Эк РГР	216	66	34	16	16		105	45	6			13	1

ОБОЗНАЧЕНИЯ:

Виды промежуточной аттестации (виды контроля):

Экз - экзамен;

ЗаО - зачет с оценкой;

За – зачет;

Виды работ:

Контакт. – контактная работа обучающихся с преподавателем;

Лек. – лекционные занятия;

Лаб.– лабораторные работы;

Пр. – практические занятия;

КРП – курсовая работа (курсовой проект);

РГР – расчетно-графическая работа (реферат);

СР – самостоятельная работа студентов;

з.е.– объем дисциплины в зачетных единицах.

Содержание дисциплины:

№	Наименование видов занятий и тематик, содержание
1	<p>Лекционные занятия:</p> <p>1.1. СИФУ УВ на тиристорах. Общие вопросы построения, требования к СИФУ для выпрямительного и инверторного режимов. Фильтрация «грязных» сигналов трехфазной сети для получения «чистых» синусоидальных, синфазных с сетью.</p> <p>1.2. Формирование импульсов управления тиристорами: логическая часть и выходная. Моделирование СИФУ и УВ в комплексе с СИФУ.</p> <p>1.3. Двухмостовой ТП в системе реверсивного привода с ДПТ. Анализ и моделирование.</p> <p>1.4. Понятие о частотном регулировании асинхронного короткозамкнутого двигателя. Обзор возможных силовых схем и способов частотного управления. УВ+АИТ или АИН с коммутацией ключей на частоте выходной сети. СИФУ этих инверторов.</p> <p>1.5. Силовые схемы преобразователей частоты с неуправляемым выпрямителем и АИН с высокочастотной коммутацией силовых полностью управляемых ключей. Схемы управления для преобразователей «неуправляемый трехфазный мостовой тиристорный выпрямитель и автономный инвертор напряжения с широтно-импульсной модуляцией выходного напряжения» для частотного управления АД.</p> <p>1.6. Требования к схеме управления УВ и АИН. Схема управления трехфазным АИН с ШИМ. Функциональная схема.</p> <p>1.7. Принцип симметричной синусоидальной ШИМ с использованием опорных синусоидальных сигналов для управления трехфазными транзисторными АИН в составе частотного привода АД.</p> <p>1.8. Математическая основа симметричной синусоидальной ШИМ для микропроцессорной реализации.</p> <p>1.9. Симплексные алгоритмы управления ключами трехфазных АИН с применением симплексов наименьших размеров.</p> <p>1.10. Многоуровневые инверторы. Принцип перехода от двухуровневого прототипа при построении одной стойки многоуровневого АИН с фиксирующими (Clamped)-диодами.</p> <p>1.11. Алгоритмы управления ключами 4-уровневого АИН с использованием понятий : трубка опорного сигнала симметричной пилы несущей ШИМ, синусоидальный модулирующий сигнал управления переменной амплитуды и частоты, логические условия переключения.</p> <p>1.12. Временные диаграммы ключей одной стойки при работе в различных трубках (верхней, средней, нижней). Форма выходного фазного напряжения 4-уровневого ШИМ.</p> <p>1.13. Выводы о дополнительных преимуществах многоуровневых АИН по сравнению с двухуровневыми. Симплексные алгоритмы управления 4-уровневым трехфазным АИН.</p> <p>1.14. Пятиуровневый преобразователь в режимах инвертора и компенсатора: теория и моделирование.</p> <p>1.15. Возможности построения идентификатора параметров и состояния АД с использованием уравнений АД в различных системах координат. Вычисление компонент потокосцепления ротора в неподвижной системе координат по сигналам напряжения и тока, а также скорости.</p>

	<p>1.16. Идентификатор потокосцепления ротора, построенный с использованием наблюдаемых сигналов входного напряжения и тока двигателя, вычисленным компонентам вектора первой производной тока в релейных следящих контурах, без использования сигнала скорости вращения вала. Идентификатор скорости вращения вала с предварительным вычислением сопротивления ротора. Формирование уравнения с неизвестным идентифицируемым параметром. Способы решения алгебраического уравнения с одним и двумя идентифицируемыми неизвестными параметрами: в релейном следящем контуре, с использованием идей Эйкхоффа.</p> <p>1.17. Силовые активные фильтры в составе частотно-регулируемого электропривода. Регулируемые реактивности на базе транзисторных преобразователей в трехфазных цепях.</p>
2	<p>Лабораторные работы:</p> <p>2.1. Первоначальное знакомство и выполнение функций пользователя при применении частотного привода FR-E 520 EC.IG5-RUS, Altivar31 при ручном управлении с пульта и задающего потенциометра.</p> <p>2.2. Эксперименты на частотном приводе FR-E 520 EC.IG5-RUS, AT31.</p> <p>2.3. Первоначальное знакомство с макетом частотного привода с управляемым выпрямителем и автономным инвертором тока с отсекающими диодами.</p> <p>2.4. Исследование частотного привода с микропроцессорным управлением от контроллера «alfa» и Melsec FX2M.</p>
3	<p>Практические занятия:</p> <p>3.1. Расчет активного фильтра на операционном усилителе для получения гладкого гармонического синхронизирующего сигнала типа косинусоиды, синфазного с требуемым. Расчет активного фильтра на операционном усилителе для получения гладкого гармонического синхронизирующего сигнала типа косинусоиды, синфазного с требуемым.</p> <p>3.2. Формирование логических сигналов управления ключами СИФУ УВ. Формирование пачки высокочастотных импульсов. Генератор несущей частоты. Сравнивающие устройства-компараторы напряжения в СИФУ УВ. Выходной усилитель импульсов тиристоров с гальванической развязкой в СИФУ УВ. Настройка и моделирование СИФУ управляемого выпрямителя.</p> <p>3.3. Построение СИФУ УВ в цепи ротора. Отдельные блоки, их принцип работы, временные диаграммы.</p> <p>3.4. Схемы управления для преобразователей «неуправляемый трехфазный мостовой тиристорный выпрямитель и автономный инвертор напряжения с широтно-импульсной модуляцией выходного напряжения» для частотного управления АД.</p> <p>3.5. Требования к схеме управления УВ и АИН. Схема управления трехфазным АИН с ШИМ. Функциональная схема.</p> <p>3.6. Принцип симметричной синусоидальной ШИМ с использованием опорных синусоидальных сигналов для управления трехфазными транзисторными АИН в составе частотного привода АД. Математическая основа симметричной синусоидальной ШИМ для микропроцессорной реализации.</p> <p>3.7. Симплексные алгоритмы управления ключами трехфазных АИН с применением симплексов наименьших размеров. Асинхронный короткозамкнутый двигатель как объект частотного управления. Уравнения обобщенного АД в системе координат, вращающейся с</p>

	произвольной скоростью. Пятиуровневый преобразователь в режимах инвертора и компенсатора: теория и моделирование. 3.8. Идентификатор скорости вращения вала с предварительным вычислением сопротивления ротора. Формирование уравнения с неизвестным идентифицируемым параметром.
4	Расчетно-графическая работа на тему «Разработка системы управления электропривода переменного тока» или «Разработка системы управления электропривода постоянного тока»
5	Самостоятельная работа студентов: 5.1. Проработка лекционного материала. 5.2. Подготовка к практическим занятиям, выполнение индивидуальных заданий. 5.3. Подготовка к срезам знаний – проверочным работам, проходящим на практических занятиях. 5.4. Подготовка к выполнению лабораторных работ, подготовка и оформление отчета по лабораторным работам. 5.5. Подготовка к допуску и защите лабораторных работ. 5.6. Подготовка и защита расчетно-графической работы.

Текущий контроль: контрольные работы на практических занятиях; опрос при допуске к выполнению лабораторных работ; защита лабораторных работ, защита расчетно-графической работы.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Таблица - Образовательные технологии, используемые при реализации различных видов учебной деятельности по дисциплине

№ п/п	Виды учебных занятий	Образовательные технологии
1	Лекции	Классическая (традиционная, информационная) лекция Интерактивная лекция (лекция-визуализация)
2	Практические занятия	Технология обучения на основе решения задач и выполнения упражнений Технологии проведения практических занятий в форме семинара: тематический семинар, проблемный семинар, семинар с подготовленными докладами, семинар в форме диспута с привлечением специалиста в сфере профессиональной деятельности выпускников и т.п.
3	Лабораторная работа	Технология выполнения лабораторных заданий индивидуально Технология выполнения лабораторных заданий в малой группе (в бригаде)
4	Самостоятельная работа студентов (внеаудиторная)	Информационно-коммуникационные технологии (доступ к ЭИОС филиала, к ЭБС филиала, доступ к информационно-методическим материалам по дисциплине)
5	Контроль (промежуточная)	Технология устного опроса

	аттестация: экзамен)	
--	----------------------	--

6. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ – ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

К промежуточной аттестации студентов по дисциплине могут привлекаться представители работодателей, преподаватели последующих дисциплин, заведующие кафедрами.

Оценка качества освоения дисциплины включает как текущий контроль успеваемости, так и промежуточную аттестацию.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости:

Пример задания на практических занятиях:

Схема тиристорного коммутатора с чисто индуктивной нагрузкой.

Схема тиристорного коммутатора с чисто индуктивной нагрузкой (рис. 1) используется на практике для получения регулируемой индуктивности. Рассмотреть зависимость эквивалентного индуктивного сопротивления цепи на основной гармонике в функции угла управления.

Дано: $e(t) = E_m \sin \omega t$, E_m , ω , L , симметричный угол управления тиристорами.

Определить зависимость тока тиристорного коммутатора от величины угла управления α .

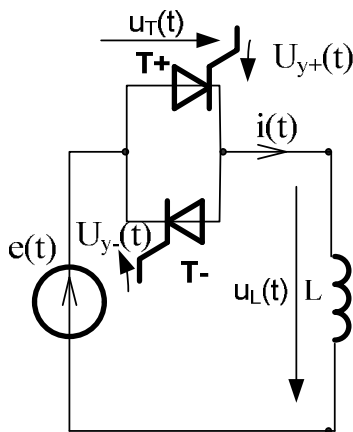


Рис.1.

Уравнение Кирхгофа для контура имеет вид:

$$e(t) = u_T(t) + L \cdot \frac{di(t)}{dt}, \text{ или}$$

$$u_T(t) = e(t) - L \cdot \frac{di(t)}{dt}. \quad (1)$$

Отсюда следует, что в положительный полупериод ЭДС $e(t)$ тиристор T_+ при отсутствии импульсов управления находится под положительным напряжением и готов включиться с запаздыванием на угол α относительно точки перехода ЭДС источника через ноль. Тогда при поступлении импульса управления тиристор как идеальный ключ замыкается, напряжение на нем стано-

вится равным нулю, а напряжение на индуктивности равным ЭДС. Тогда $L \cdot \frac{di(t)}{dt} = e(t)$, откуда можно получить выражение для тока путем интегрирования:

$$i(t) = \frac{1}{L} \cdot \int_{\frac{\alpha}{\omega}}^t e(t) \cdot dt = \frac{1}{L} \cdot E_m \cdot \int_{\frac{\alpha}{\omega}}^t \sin(\omega t) \cdot dt = \frac{E_m}{\omega L} \cdot [-\cos(\omega t)]_{\frac{\alpha}{\omega}}^t =$$

$$= \frac{E_m}{\omega L} \cdot [\cos \alpha - \cos(\omega t)]$$

где $\omega t \geq \alpha$.

Пока по (2) ток >0 , проводит тиристор T_+ . Интервал положительности тока по (2) – см.рис.2, зависит от угла управления. При малых углах он может продолжаться почти весь период сети, и тогда тиристор T_- не будет работать вообще. Только начиная с угла $\alpha=\pi/2$ и более возможна симметричная форма тока с работой обоих тиристоров.

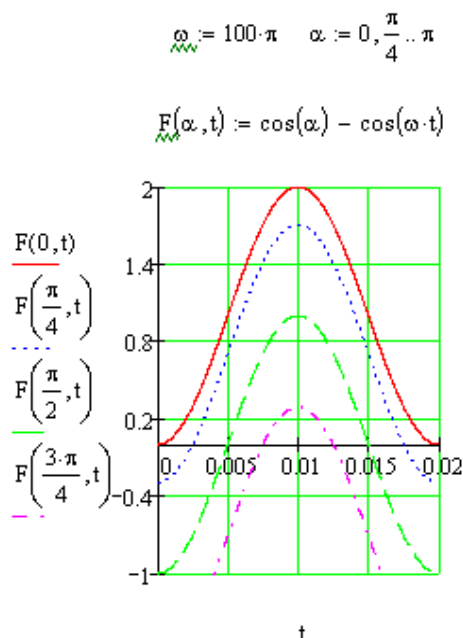


Рис.2.

На рис.3 показан режим работы схемы с параметрами:

$E_m=311\text{В}$, $\omega=314\text{рад/с}$, $L=31.8\text{мГн}$ ($\omega L=10\text{ Ом}$) при угле управления $\alpha=54^\circ$, где видна справедливость высказанных положений об односторонней проводимости коммутатора при малых углах управления.

Симметричная работа коммутатора с теми же параметрами силовой цепи показана на рис.4 при угле управления $\alpha=92^\circ$ (запаздывание импульсов на 5.27 мс).

Мгновенный ток состоит из двух симметричных блоков разной полярности. Положительный блок описывается уравнением (2).

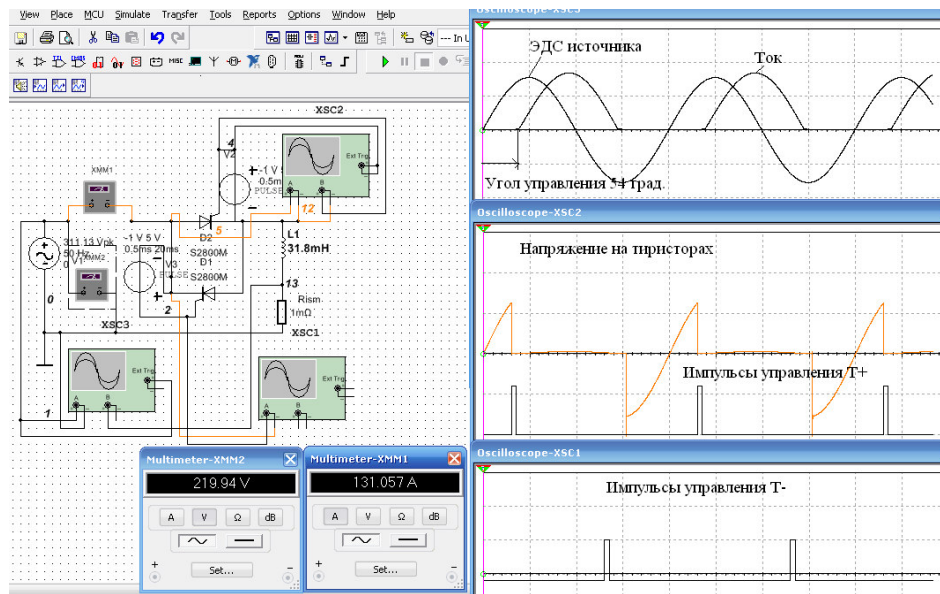


Рис.3.

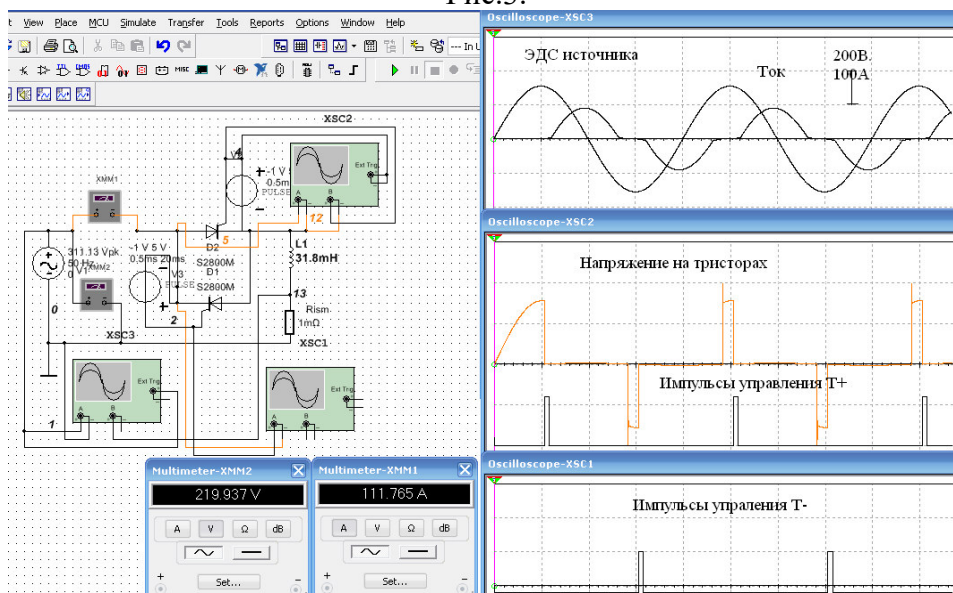


Рис.4.

Разложение в ряд Фурье тока для косинусоидальной составляющей основной гармоники дает:

$$C_{1m} = \frac{1}{\pi} \cdot \int_0^{2\pi} i(\omega t) \cdot \cos(\omega t) \cdot d(\omega t) = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{E_m}{\omega L} \cdot \int_{\alpha}^{2\pi-\alpha} [\cos \alpha - \cos(\omega t)] \cdot \cos(\omega t) \cdot d(\omega t) =$$

$$= \frac{2E_m}{\pi \cdot \omega L} \cdot \int_{\alpha}^{2\pi-\alpha} \{ \cos \alpha \cdot \cos(\omega t) - \cos^2(\omega t) \} \cdot d(\omega t) = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{E_m}{\omega L} \cdot \left[-\pi + \alpha - \frac{1}{2} \cdot \sin(2\alpha) \right] \quad (3)$$

Из (3) следует, что при $\alpha = \frac{\pi}{2}$ $C_{1m} = -\frac{E_m}{\omega L}$, т.е. первая гармоника тока имеет вид

$$i_1(t) = -\frac{E_m}{\omega L} \cdot \cos(\omega t).$$

Как видно, она отстает от ЭДС источника на 90° , что характерно для индуктивной нагрузки.

С ростом угла управления свыше 90^0 амплитуда первой гармоники падает до нуля при $\alpha=180^0$. На этом основании можно ввести расчетную величину эквивалентного индуктивного сопротивления тиристорного коммутатора с установленной базовой индуктивностью L как отношение амплитуды ЭДС к амплитуде первой гармоники тока:

$$X_{L1}(\alpha) = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{\omega L}{\pi - \alpha + \frac{1}{2} \cdot \sin(2\alpha)}. \quad (4)$$

В относительных единицах к установленному значению ωL увеличение эквивалентного индуктивного сопротивления от угла управления $\alpha > 90^0$ тогда составляет:

$$X_{L1}^*(\alpha) = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{1}{\pi - \alpha + \frac{1}{2} \cdot \sin(2\alpha)}. \quad (5)$$

Тиристорный коммутатор с чисто индуктивной установленной нагрузкой как управляемое индуктивное сопротивление в функции угла $\alpha > 90^0$ находит практическое применение. Однако недостатком этой схемы является несинусоидальность тока.

Оценочные средства промежуточной аттестации:

Вопросы по формированию и развитию теоретических знаний, предусмотренных компетенциями, закрепленными за дисциплиной (примерные вопросы по лекционному материалу дисциплины):

Вопросы к экзамену:

1. Система импульсно-фазового управления (СИФУ) управляемого выпрямителя, функциональная схема, назначение отдельных узлов. Выходная часть
2. Управляемый выпрямитель в цепи ротора асинхронного двигателя с фазным ротором при фазовом регулировании.
3. Особенность работы СИФУ при переменной частоте и переменной амплитуде фазной ЭДС роторной цепи. Построение СИФУ на базе пилообразного опорного сигнала с переменным углом наклона, формируемым сигналом трансформаторной обратной связи. Синхронизация с ЭДС ротора в условиях помех.
4. Построение СИФУ УВ в цепи ротора. Отдельные блоки, их принцип работы, временные диаграммы.
5. Понятие о частотном регулировании асинхронного короткозамкнутого двигателя. Обзор возможных силовых схем и способов частотного управления.
6. Силовые схемы преобразователей частоты с неуправляемым выпрямителем и АИН с высокочастотной коммутацией силовых полностью управляемых ключей. Схемы управления для преобразователей «неуправляемый трехфазный мостовой тиристорный выпрямитель и автономный инвертор напряжения с широтно-импульсной модуляцией выходного напряжения для частотного управления АД. Требования к схеме управления УВ и АИН.
7. Схема управления трехфазным АИН с ШИМ. Функциональная схема.
8. Принцип симметричной синусоидальной ШИМ с использованием опорных синусоидальных сигналов для управления трехфазными транзисторными АИН в составе частотного привода АД.
9. Математическая основа представления симметричной синусоидальной ШИМ для микропроцессорной реализации.
10. Симплексные алгоритмы управления ключами трехфазных АИН с применением симплексов наименьших размеров.

11. Многоуровневые инверторы напряжения для частотно-регулируемого привода переменного тока.
12. Принцип перехода от двухуровневого прототипа при построении одной стойки многоуровневого АИН с фиксирующими (Clamped)-диодами.
13. Алгоритмы управления ключами 4-уровневого АИН с использованием понятий: трубка опорного сигнала симметричной пилы несущей ШИМ, синусоидальный модулирующий сигнал управления переменной амплитуды и частоты, логические условия переключения. Временные диаграммы ключей одной стойки при работе в различных трубках (верхней, средней, нижней). Форма выходного фазного напряжения 4-уровневого ШИМ. Выводы о дополнительных преимуществах многоуровневых АИН по сравнению с двухуровневыми.
14. Симплексные алгоритмы управления 4-уровневым трехфазным АИН.
15. Асинхронный короткозамкнутый двигатель как объект частотного управления. Уравнения обобщенного АД в системе координат, вращающейся с произвольной скоростью.
16. Переход к неподвижной системе координат в векторной форме и для проекций. Возможности использования этой системы.
17. Переход к вращающейся синхронно с полем ротора системе координат d, q в векторной форме и для проекций. Возможности использования этой системы.
18. Построение разомкнутой скалярной, разомкнутой векторной системы частотного привода с АД. Функциональные схемы, их сравнение.
19. Построение замкнутой векторной системы частотного привода с использованием датчика скорости.
20. Вычисление компонент потокосцепления ротора в неподвижной системе координат по сигналам мгновенных токов статора и сигнале скорости в идентификаторе состояния АД.
21. Возможности построения идентификатора параметров и состояния АД с использованием уравнений АД в различных системах координат.
22. Идентификатор потокосцепления ротора, построенный с использованием наблюдаемых сигналов входного напряжения и тока двигателя, вычисленным компонентам вектора первой производной тока в релейных следящих контурах, без использования сигнала скорости вращения вала.
23. Идентификатор скорости вращения вала с предварительным вычислением сопротивления ротора. Формирование уравнения с неизвестным идентифицируемым параметром.
24. Способы решения алгебраического уравнения с одним и двумя идентифицируемыми неизвестными параметрами: в релейном следящем контуре, с использованием идей Эйкхоффа.
25. Современное состояние проблемы построения «бездатчикового» частотно-регулируемого электропривода и лучшие варианты построения идентификаторов

В филиале используется система с традиционной шкалой оценок – "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно", "зачтено", "не зачтено" (далее - пятибалльная система).

Форма промежуточной аттестации по настоящей дисциплине – **экзамен**.

Применяемые критерии оценивания по дисциплинам (в соответствии с инструктивным письмом НИУ МЭИ от 14 мая 2012 года № И-23):

Оценка по дисциплине	Критерии оценки результатов обучения по дисциплине
«отлично»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять

Оценка по дисциплине	Критерии оценки результатов обучения по дисциплине
(отлично)»/ «зачтено»	<p>задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безусловно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины, правильно выполнившему практическое задание. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «эталонный».</p>
«хорошо»/ «зачтено (хорошо)»/ «зачтено»	<p>Выставляется обучающемуся, обнаружившему полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющему предусмотренные задания, усвоившему основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнивший практическое задание, но допустивший при этом принципиальные ошибки. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «продвинутый».</p>
«удовлетворительно»/ «зачтено (удовлетворительно)»/ «зачтено»	<p>Выставляется обучающемуся, обнаружившему знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющемуся с выполнением заданий, знакомому с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустившему погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающему необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию преподавателя выполнившему другие практические задания из того же раздела дисциплины.. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «пороговый».</p>
«неудовлетворительно»/ не зачтено	<p>Выставляется обучающемуся, обнаружившему серьезные пробелы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на все вопросы билета и дополнительные вопросы и неправильно выполнившему практическое задание (неправильное выполнение только практического задания не является однозначной причиной для выставления оценки «неудовлетворительно»). Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции на уровне «пороговый», закреплённые за дисциплиной, не сформированы.</p>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебное и учебно-лабораторное оборудование

Лекционные занятия проводятся в учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; демонстрационным оборудованием: персональным компьютером (ноутбуком); переносным (стационарным) проектором.

Практические занятия проводятся в учебной аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная:

- специализированной мебелью; доской аудиторной.

Для проведения занятий лабораторного типа используются специализированные лаборатории: лаборатория Б-111 «Системы управления электроприводами» и учебно-научно-исследовательская лаборатория 305 расположенные по адресу 214013, г. Смоленск, Энергетический пр., д.1, Здание энергетического института (лабораторный корпус № 2).

В лаборатории Б-111 используются образцы частотно-регулируемых приводов: промышленный образец FR-E 520 EC фирмы MITSUBISHI при посредничестве Российской фирмы «Приводная техника» с асинхронным двигателем серии 4А мощностью 250 Вт, опытный макет частотного привода с управляемым выпрямителем и автономным инвертором тока с отсекающими диодами, двигателем серии 4А мощностью 250 Вт. В лаборатории 305 используются два типа преобразователей частоты на универсальных стендах.

Для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине используется помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащенное:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; персональным компьютерами с подключением к сети "Интернет" и доступом в ЭИОС филиала.

8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

для слепых и слабовидящих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;

- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

- для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;

- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;

- экзамен и зачет проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

для глухих и слабослышащих:

- лекции оформляются в виде электронного документа;

- письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;

- экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.

для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;

- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере;

- используется специальная учебная аудитория для лиц с ЛОВЗ – ауд. 106 главного учебного корпуса по адресу 214013, г. Смоленск, Энергетический пр-д, д.1, здание энергетического института (основной корпус).

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены филиалом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

для слепых и слабовидящих:

- в печатной форме увеличенным шрифтом;

- в форме электронного документа;

- в форме аудиофайла.

для глухих и слабослышащих:

- в печатной форме;

- в форме электронного документа.

для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме;

- в форме электронного документа;

- в форме аудиофайла.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература.

1. Белоус, А.И. Полупроводниковая силовая электроника / А.И. Белоус, С.А. Ефименко, А.С. Турцевич. - М.: Техносфера, 2013. - 228 с.: ил., схем., табл. - (Мир электроники). - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-94836-367-7; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=273783>

2. 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:

*Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Магистерская программа «Электроприводы и системы управления
электроприводов»
РПД Б1.В.02 «Элементы и схемотехника силовой электроники»*



<https://e.lanbook.com/book/148373> (дата обращения: 01.04.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Ю.К. Розанов, М.В. Рябчицкий, А.А. Кваснюк. Силовая электроника. - М.: Издательский дом МЭИ, 2007.-632с.

Дополнительная литература.

1. Данилов П.Е. Управление частотно-регулируемым электроприводом: Конспект лекций по курсу «Специальные разделы теории электропривода». /Данилов П.Е., Крутиков К.К., Рожков В.В. – Смоленск, 2-е изд., 2012. – 105 с.



ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Но- мер из- ме- не- ния	Номера страниц				Всего стра- ниц в доку- менте	Наименование и № документа, вводящего изменения	Подпись, Ф.И.О. внесшего измене- ния в данный эк- земпляр	Дата внесения из- менения в данный эк- земпляр	Дата введения из- менения
	из- ме- нен- ных	за- ме- нен- ных	но- вых	ан- ну- ли- ро- ванн ых					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10