



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.
Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЭиАС
В.Р. Храмшин

13.02.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

СОВРЕМЕННЫЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД

Научная специальность
2.4.2. Электротехнические комплексы и системы

Уровень высшего образования - подготовка кадров высшей квалификации

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Автоматизированного электропривода и мехатроники
Курс	2
Семестр	4

Магнитогорск
2024 год

Рабочая программа составлена на основе ФГТ (приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 г. № 951)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Автоматизированного электропривода и мехатроники

25.01.2024, протокол № 4


Зав. кафедрой  А.А. Николаев

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС
13.02.2024 г. протокол № 4


Председатель  В.Р. Храмшин

Согласовано:

Зав. кафедрой Электроснабжения промышленных предприятий

 А.В.Варганова

Рабочая программа составлена:

профессор кафедры АЭПиМ, д-р техн. наук  Е.Я.
Омельченко

Рецензент:

зам. начальника ЦЭТЛ ПАО «ММК» по электроприводу, канд. техн. наук

 А.Ю. Юдин

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.А. Николаев

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.А. Николаев

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.А. Николаев

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.А. Николаев

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины является формирование у студентов знаний и практических навыков для решения задач совершенствования и развития автоматизированного электропривода в основных агрегатах металлургического производства.

2 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Современный автоматизированный электропривод» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

КНС-3	Способен широко использовать методы математического и IT-моделирования при разработке и эксплуатации электротехнических и электроэнергетических комплексов и систем в нормальных и аварийных режимах работы
КНС-6	Способен разрабатывать и использовать инновационные энергосберегающие технологии в промышленности и на транспорте

3. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц 72 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 51 акад. часов;
- аудиторная – 51 акад. часов;
- внеаудиторная – 0 акад. часов;
- самостоятельная работа – 21 акад. часов;

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)		Самостоятельная работа студента	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
		Лек.	практ. зан.		
1. Введение					
1.1 Цель и задачи курса, его содержание, связь с другими дисциплинами учебного плана специальности.	4	2			Устный опрос студентов по изученной теме
Итого по разделу		2			
2. Силовая часть автоматизированного электропривода в металлургии					
2.1 Приводы постоянного тока (особенно-сти двигателей и преобразователей)	4	2	1		Устный опрос студентов по изученной теме
2.2 Приводы переменного тока (асинхронные и синхронные двигатели, их характеристики, преобразователи частоты с непосредственной связью и со звеном постоянного тока, автономные инверторы напряжения и тока, рекуперативный выпрямитель, возврат энергии в сеть, преобразователи на низкое и среднее напряжение)		2	1		Устный опрос студентов по изученной теме
Итого по разделу		4	2		
3. Системы регулирования в электроприводах металлургического производства					
3.1 Системы регулирования скорости в электроприводах постоянного тока (однозонные и двухзонные), типовые структурные схемы.	4	1	2		Устный опрос студентов по изученной теме
3.2 Системы регулирования скорости в электроприводах переменного тока (скалярные, векторные), типовые структуры.			3		Устный опрос студентов по изученной теме
3.3 Датчики в электроприводах в металлургической промышленности.		1	2		Устный опрос студентов по изученной теме
Итого по разделу		2	7		
4. Реализация типовых структур систем регулирования в комплектных электроприводах постоянного тока					

4.1 Системы регулирования тока и скорости в комплектных электроприводах. Структурная схема САРС при однозонном и двухзонном регулировании скорости.		1			Устный опрос студентов по изученной теме
4.2 Регулирование тока (потока) возбуждения в комплектных электроприводах. Регулирование положения механизмов в комплектных электроприводах. Особенности построения регуляторов для систем регулирования положения. Датчики и схемы измерения положения.	4	1			Устный опрос студентов по изученной теме
Итого по разделу		2			
5. Реализация типовых структур систем регулирования в комплектных электроприводах переменного тока					
5.1 Реализация типовых структур систем регулирования в электроприводах переменного тока.		1			Устный опрос студентов по изученной теме
5.2 Построение систем регулирования скорости в электроприводах переменного тока с применением микропроцессорных устройств. Построение регуляторов тока, скорости, ЭДС, узлов задания скорости. Параметрирование систем регулирования скорости.	4	1			Устный опрос студентов по изученной теме
Итого по разделу		2			
6. Методика изучения автоматизированного электропривода металлургических машин и агрегатов					
6.1 Методика изучения автоматизированного электропривода металлургических машин и агрегатов.	4	1			Устный опрос студентов по изученной теме
Итого по разделу		1			
7. Автоматизированный электропривод в доменном производстве					
7.1 Технология доменного производства. Основное технологическое оборудование в доменных цехах. Требования к электроприводам основных механизмов. Автоматизированный электропривод скипового подъемника доменной печи.	4		4		Устный опрос студентов по изученной теме
Итого по разделу			4		
8. Автоматизированный электропривод сталеплавильного производства					
8.1 Технология и оборудование сталеплавильного производства. Особенности конвертерного производства стали. Технологическое оборудование в конвертерном производстве. Автоматизированный электропривод механизма поворота конвертера. Автоматизированный электропривод механизма подъема фурмы.	4		4		Устный опрос студентов по изученной теме

8.2 Технологическое оборудование машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). Общие требования к электроприводам МНЛЗ. Автоматизированный электропривод механизма качания кристаллизатора.	1	3		Устный опрос студентов по изученной теме
Итого по разделу	1	7		
9. Автоматизированный электропривод в прокатном производстве				
9.1 Технология и оборудование прокатного производства. Типы прокатных станов. Основные понятия теории прокатки.	1	2		Устный опрос студентов по изученной теме
9.2 Автоматизированный электропривод реверсивных станов горячей прокатки. Технологические процессы. Тахограмма и нагрузочная диаграмма. Требования к электроприводу. Оптимальная диаграмма скорости и тока. Типовые решения для силовой части электропривода. Система автоматического регулирования скорости. Особенности построения САРС при индивидуальном электроприводе валков.		3		Устный опрос студентов по изученной теме
9.3 Автоматизированный электропривод непрерывных листовых станов горячей прокатки. Типы прокатных станов. Технологическое оборудование. Технологические режимы. Требования к электроприводам. Типовые решения для силовой части электроприводов и САРС. САРС чистой клетки непрерывного широкополосного стана горячей прокатки.	4	1	3	Устный опрос студентов по изученной теме
9.4 Автоматизированный электропривод станов холодной прокатки. Типы прокатных станов. Технологические процессы при производстве холодного проката. Технологические режимы на непрерывных листовых станах холодной прокатки. Требования к электроприводам валков непрерывных листовых станов. Построение силовой части электроприводов и САРС.			3	Устный опрос студентов по изученной теме
9.5 Автоматизированный электропривод вспомогательных механизмов прокатных станов. Конструкция механизмов. Технологические режимы. Требования к электроприводам. Нажимные устройства клетей. Ножницы для резки металла. Рольганги. Намоточно-размоточные механизмы. Особенности построения систем автоматизированного электропривода указанных механизмов.		1	3	Устный опрос студентов по изученной теме
Итого по разделу	3	14		
10. Перспективы развития автоматизированного электропривода в металлургии				

10.1 Перспективы развития автоматизированного электропривода в металлургии.	4		21	Устный опрос студентов по изученной теме
Итого по разделу			21	
Итого за семестр	17	34	21	зачёт
Итого по дисциплине	17	34	21	зачет

4 Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации

Представлены в приложении 1.

5 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Аносов, В. Н. Векторное управление асинхронными электроприводами на основе прогнозирующих моделей : учебное пособие / В. Н. Аносов, А. А. Диаб, Д. А. Котин. — Новосибирск : НГТУ, 2017. — 175 с. — ISBN 978-5-7782-3285-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118082> (дата обращения: 24.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная литература:

1. Фролов, В. Я. Устройства силовой электроники и преобразовательной техники с разомкнутыми и замкнутыми системами управления в среде Matlab — Simulink : учебное пособие / В. Я. Фролов, В. В. Смородинов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 332 с. — ISBN 978-5-8114-2583-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/106890> (дата обращения: 22.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Фролов, Ю. М. Регулируемый асинхронный электропривод : учебное пособие / Ю. М. Фролов, В. П. Шелякин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 464 с. — ISBN 978-5-8114-2177-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/102251> (дата обращения: 22.05.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

в) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
MathWorks MathLab v.2014 Classroom License	К-89-14 от 08.12.2014	бессрочно
MathCAD v.15 Education University Edition	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://host.megaprolib.net/MP0109/Web

Приложение 1 «Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся»

По дисциплине «Современный автоматизированный электропривод» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает решение контрольных задач на практических занятиях.

Примерные аудиторные контрольные работы (АКР):

Тема 1. Изучение автоматизированного электропривода блюминга 1500

Вопросы:

- 1.1. В чем заключается особенность работы электроприводов валков обжимного стана?
- 1.2. Каковы законы изменения основных параметров электропривода? (Скорость, ток, напряжение якоря, ток и напряжение возбуждения генератора)
- 1.3. Каково назначение множително-делительного и делительного устройств в САР ЭП?
- 1.4. Как обеспечивается ограничение тока якоря на максимально допустимом уровне?
- 1.5. Как обеспечивается регулирование соотношения скоростей и нагрузок двигателей верхнего и нижнего валков?
- 1.6. Для чего в режиме токоограничения возникает необходимость обеспечения примерного соответствия заданной и действительной скорости двигателя?

Тема 2. Изучение автоматизированного электропривода реверсивного двухклетьевого стана холодной прокатки

Вопросы:

- 2.1. Какие технологические процессы прокатки листа существуют?
- 2.2. Каковы требования к ЭП валков клетей стана и как эти требования реализуются?
- 2.3. Основные виды защит электропривода данного стана.
- 2.4. Поясните, как работает синхронный двигатель стана в САР. Рассматривать двигатель следует как объект управления.
- 2.5. Поясните, как осуществляется векторное преобразование в системе регулирования.
- 2.6. Как происходит реализация САРС на данном стане?

Тема 3. Электропривод валков непрерывного стана 630 холодной прокатки

Вопросы:

- 3.1. Опишите технологические режимы прокатки непрерывного стана 630.
- 3.2. Поясните тахограмму работы электропривода непрерывного стана 630.
- 3.3. Поясните физические процессы в автоматизированном электроприводе при выравнивании нагрузок между двигателями валков.
- 3.4. Поясните физические процессы в САРС в режиме токоограничения (работа с номинальным потоком двигателя и при ослабленном потоке).
- 3.5. Поясните реализацию регуляторов САРС по принципиальной схеме.
- 3.6. Какие методы защиты электропривода используются на стане 630?

Тема 4. Изучение автоматизированного электропривода моталки стана холодной прокатки

Вопросы:

- 4.1. Для чего намотка полосы в рулон должна производиться с натяжением?
- 4.2. В чем суть и какие преимущества имеет ЭП моталки с двухзонным регулированием по сравнению с ЭП с однозонным регулированием?
- 4.3. От чего зависит точность поддержания натяжения полосы в ЭП моталки с косвенными регуляторами?
- 4.4. Какую задачу и как решает узел компенсации динамической составляющей тока двигателя?
- 4.5. Как осуществляется компенсация динамической составляющей натяжения?
- 4.6. Каким образом согласуется изменение скорости намотки с изменением скорости прокатки листа?

Тема 5. Изучение автоматизированного электропривода входного накопителя полосы агрегата непрерывного горячего цинкования

Вопросы:

- 5.1. Опишите технологические операции производства АНГЦ
- 5.2. Какие требования выдвигаются к ЭП входного накопителя? Как они физически реализуются?
- 5.3. Опишите принцип управления частотно-регулируемого асинхронного привода.
- 5.4. Опишите силовую схему группового питания ЭП и её особенности.

5.5. Поясните, как осуществляется векторное преобразование в системе регулирования.

5.6. Какие методы защиты электропривода используются?

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся осуществляется в виде изучения литературы по соответствующему разделу с проработкой материала; выполнения домашних заданий.

Приложение 2 «Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации»

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации.

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ПК-3: Способность широкого использования методов математического и ИТ-моделирования при разработке и эксплуатации электротехнических и электроэнергетических комплексов и систем в нормальных и аварийных режимах работы		
Знать	-основные определения и понятия для автоматизированных электроприводов металлургической промышленности, характеристики автоматизированных электроприводов -технологические особенности работы основных производственных механизмов в металлургии, требования к электроприводам этих механизмов, принципы построения автоматизированных электроприводов для металлургического производства - типовые узлы систем автоматического регулирования скорости в комплектных электроприводах, выпускаемых промышленностью для применения в металлургии, особенности построения силовой части и систем регулирования скорости (для намоточно-размоточных механизмов – систем автоматического	<ol style="list-style-type: none"> 1. Учет реальных свойств вентильного электропривода при построении схем САРС в комплектных электроприводах для металлургии. 2. Автоматизированный электропривод механизма поворота конвертера. Конструкция, технология, требования к электроприводу и их реализация. 3. Типовая структурная схема однозонного регулирования скорости в комплектных электроприводах, принцип её работы и физической реализации. 4. Основные понятия теории прокатки. Электросиловые и кинематические параметры прокатки. 5. Типовая структурная схема двухзонного регулирования скорости в комплектных электроприводах, принцип её работы. 6. Автоматизированный электропривод механизма качания кристаллизатора МНЛЗ. Технология, конструкция механизма, требования к электроприводу и их реализация. 7. Корректирующие устройства в контуре скорости при двухзонном регулировании скорости. 8. Технологические процессы и технологическое оборудование в конвертерных цехах. Общие требования к электрооборудованию. 9. Корректирующие устройства в контуре ЭДС при двухзонном регулировании скорости. 10. Автоматизированный электропривод реверсивных станов горячей прокатки. Технология и технологическое оборудование. Требования к электроприводу валков прокатного стана. 11. Особенности контура регулирования потока возбуждения двигателя в комплектных электроприводах. 12. САРС реверсивного стана горячей прокатки (блюминг 1500). Реализация требований к электроприводам. 13. Регулирование якорного тока двигателя в комплектных электроприводах. 14. Автоматизированный электропривод непрерывных станов горячей прокатки. Типы станов, особенности технологических режимов и технологического оборудования. Требования к электроприводам (чистовые клетки непрерывных листовых станов горячей прокатки).

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
	регулирования натяжения), перспективные направления развития электро-приводов	<p>15. Регулирование скорости двигателя в комплектных электроприводах.</p> <p>16. Требования к электроприводу валков чистой группы клетей непрерывного широкополосного стана горячей прокатки и их реализация.</p> <p>17. Регулирование возбуждения в комплектных электроприводах.</p> <p>18. Типы станов холодной прокатки. Технологические режимы. Требования к электроприводам непрерывных листовых станов холодной прокатки.</p> <p>19. САРС стана холодной прокатки (стан 630). Реализация требований к электроприводам.</p> <p>20. Конструктивные особенности преобразователей для металлургической промышленности</p> <p>21. Типовые решения для силовой части электропривода реверсивных станов прокатки и их особенности.</p> <p>22. Автоматизированный электропривод моталки стана холодной прокатки. Построение системы автоматического регулирования натяжения.</p> <p>23. Схема металлургического производства. Технологические основы производства чугуна, стали, проката. Основные агрегаты и оборудование.</p> <p>24. Конструктивные особенности двигателей для металлургической промышленности.</p> <p>25. Особенности индивидуального электропривода валков прокатного стана. Регуляторы выравнивания нагрузок.</p> <p>26. Методика изучения автоматизированного электропривода металлургических машин и агрегатов.</p> <p>27. Применение электроприводов переменного тока в металлургии. Скалярное и векторное регулирование. Структурные схемы.</p>
Уметь	<p>-составлять функциональные и структурные схемы для автоматизированных электроприводов в металлургии</p> <p>-сопоставить технологические особенности работы производственных механизмов и построение силовой части и систем регулирования электроприводов</p> <p>-анализировать работу электроприводов и их режимы в конкретных металлургических агрегатах и механизмах</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Определить параметры регулятора тока якоря по заданному варианту САР ДПТ 2. Определить параметры регулятора скорости по заданному варианту САР ДПТ 3. Определить параметры регулятора тока возбуждения по заданному варианту САР ДПТ 4. Определить параметры регулятора ЭДС при двухзонном регулировании скорости по заданному варианту САР ДПТ 5. Определить и показать на механической характеристике величину статической просадки скорости в разомкнутой и замкнутой САРС с П-регулятором скорости по заданному варианту САР ДПТ 6. Начертить схему задатчика интенсивности 7. Начертить схему и определить параметры ПИ-регулятора по заданному варианту САР ДПТ 8. Определить параметры П-регулятора скорости САР ДПТ 9. Определить параметры ПИ-регулятора скорости САР ДПТ 10. Начертить переходные процессы разгона двигателя от ЗИ с учетом ослабления магнитного потока в двухзонной системе регулирования скорости.
Владеть	-методами расчета	1. Начертить структурную схему двигателя постоянного

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
	<p>энергосиловых параметров автоматизированных электроприводов в металлургии</p> <p>-методиками расчета силовой части и систем регулирования электроприводов</p> <p>-навыками и методиками обобщения результатов анализа работы современных систем автоматизированных электроприводов в металлургии</p>	<p>тока независимого возбуждения при неизменном потоке возбуждения.</p> <p>2. Записать формулы для определения электромагнитной и электромеханической постоянной времени, сопротивления якорной цепи, коэффициента связи ЭДС и скорости вращения, конструктивной постоянной машины постоянного тока.</p> <p>3. При каком соотношении электромагнитной и электромеханической постоянных времени двигатель постоянного тока независимого возбуждения представляется как колебательное звено. Начертить логарифмические частотные характеристики (амплитудную и фазовую) колебательного звена.</p> <p>4. Начертить схему реверсивного магнитного пускателя для управления асинхронным короткозамкнутым двигателем.</p> <p>5. Указать способы пуска синхронных двигателей</p> <p>6. Начертить естественную механическую характеристику двигателя постоянного тока независимого возбуждения.</p> <p>7. Начертить реостатные механические характеристики двигателя постоянного тока последовательного возбуждения.</p> <p>8. Начертить механические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения при различных напряжениях на его якоре.</p> <p>9. Начертить механические характеристики асинхронного двигателя при различных частотах питающего напряжения.</p> <p>10. Указать тормозные режимы для двигателя постоянного тока независимого возбуждения; для этих режимов начертить механические характеристики.</p> <p>11. Начертить механические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения в режиме динамического торможения (торможения с независимым возбуждением и с самовозбуждением).</p> <p>12. Начертить механическую характеристику асинхронного двигателя в режиме динамического торможения.</p> <p>13. Начертить трехфазную мостовую схему выпрямления. Указать номера тиристоров в схеме в соответствии с их порядком работы.</p> <p>14. Указать назначение системы импульсно – фазового управления (СИФУ).</p> <p>15. Как изменится угол коммутации при увеличении индуктивного сопротивления фазы трансформатора.</p> <p>16. Как изменится угол коммутации при увеличении тока нагрузки тиристорного преобразователя.</p> <p>17. Начертить внешние характеристики преобразователя и механические характеристики привода с учетом зоны прерывистого тока. Указать границу зоны прерывистого тока.</p> <p>18. Указать основные особенности инверторного режима работы преобразователя.</p> <p>19. Начертить механические характеристики вентильного электропривода для инверторного режима работы преобразователя.</p> <p>20. Записать соотношение для углов управления вентильных групп реверсивного тиристорного преобразователя при линейном и нелинейном согласовании углов.</p> <p>21. Назначение логического переключающего устройства</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>(ЛПУ) в реверсивных тиристорных преобразователях с раздельным управлением вентильными группами.</p> <p>22. Начертить механические характеристики электропривода с реверсивным тиристорным преобразователем для питания якорной цепи двигателя при использовании преобразователя с раздельным управлением при линейном и нелинейном согласовании углов.</p> <p>23. Записать передаточную функцию тиристорного преобразователя и формулы для определения параметров этой передаточной функции.</p> <p>24. Указать типы преобразователя частоты для электропривода переменного тока.</p> <p>25. Начертить силовую схему тиристорного преобразователя частоты со звеном постоянного тока.</p> <p>26. Начертить силовую схему тиристорного преобразователя частоты с непосредственной связью.</p> <p>27. Начертить временную диаграмму напряжения на выходе трехфазного автономного инвертора напряжения при длительности работы тиристоров 120 эл.градусов.</p> <p>28. Начертить временную диаграмму напряжения на выходе трехфазного автономного инвертора напряжения при длительности работы тиристоров 180 эл.градусов.</p> <p>29. Начертить временную диаграмму напряжения для одной фазы преобразователя частоты с непосредственной связью, которая строится на основе трехфазной нулевой схемы.</p> <p>30. Начертить функциональную схему двухконтурной системы регулирования скорости с внутренним контуром регулирования тока.</p> <p>31. Начертить структурную схему системы двухзонного регулирования скорости с зависимым ослаблением потока возбуждения двигателя в функции эдс якоря двигателя.</p> <p>32. Начертить логарифмическую амплитудно – частотную характеристику (ЛАЧХ) разомкнутого контура, настроенного по модульному оптимуму (минимальная некомпенсируемая постоянная времени). Указать частоты сопряжения участков ЛАЧХ.</p> <p>33. Начертить ЛАЧХ разомкнутого контура, настроенного по симметричному оптимуму (минимальная некомпенсируемая постоянная времени). Указать частоты сопряжения участков ЛАЧХ.</p> <p>34. Записать обобщенную формулу для определения передаточной функции регулятора при настройке контура по модульному оптимуму в системах с подчиненным регулированием координат.</p> <p>35. Начертить переходные процессы тока и скорости в двухконтурной системе регулирования скорости с внутренним контуром регулирования тока при изменении сигнала задания скорости от задатчика интенсивности (П – регулятор скорости).</p> <p>36. Начертить переходные процессы тока и скорости в двухконтурной системе регулирования скорости с внутренним контуром регулирования тока при набросе нагрузки (П – регулятор скорости).</p> <p>37. Начертить переходные процессы тока и скорости в</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>двухконтурной системе регулирования скорости с внутренним контуром регулирования тока при изменении сигнала задания скорости от задатчика интенсивности (ПИ – регулятор скорости; на входе регулятора скорости фильтр не установлен).</p> <p>38. Начертить переходные процессы тока и скорости в двухконтурной системе регулирования скорости с внутренним контуром регулирования тока при изменении сигнала задания скорости от задатчика интенсивности (ПИ – регулятор скорости; на входе регулятора скорости фильтр установлен).</p> <p>39. Начертить переходные процессы тока и скорости в двухконтурной системе регулирования скорости с внутренним контуром регулирования тока при набросе нагрузки (ПИ – регулятор скорости).</p> <p>40. Начертить переходные процессы тока и скорости в системе электропривода с подчиненным регулированием координат с двухзонным регулированием скорости с зависимым ослаблением потока в функции эдс якоря двигателя при разгоне двигателя до максимальной скорости (сигнал задания скорости подается от задатчика интенсивности, регулятор скорости – пропорциональный или пропорционально-интегральный).</p> <p>41. Пояснить назначение корректирующего устройства в контуре регулирования скорости при двухзонном регулировании скорости вращения двигателя.</p> <p>42. Пояснить назначение корректирующего устройства в контуре регулирования эдс якоря при двухзонном регулировании скорости вращения двигателя.</p> <p>43. Пояснить, с какой целью включается функциональный преобразователь в цепь обратной связи по току возбуждения двигателя при двухзонном регулировании скорости.</p> <p>44. Способы коррекции коэффициента передачи регулятора скорости при изменении магнитного потока двигателя (начертить схемы).</p> <p>45. Способы коррекции коэффициента передачи регулятора эдс при изменении магнитного потока двигателя (начертить схемы).</p> <p>46. Указать основные требования к электроприводу механизма поворота конвертера.</p> <p>47. Указать основные требования к электроприводу механизма перемещения фурмы.</p> <p>48. Указать основные требования к электроприводу механизма качания кристаллизатора машины непрерывного литья заготовок.</p> <p>49. Указать основные требования к электроприводу тянущей клетки (тянущих роликов) машины непрерывного литья заготовок.</p> <p>50. Указать основные требования к электроприводу механизма газорезки машины непрерывного литья заготовок.</p> <p>51. Начертить качественную зависимость момента сопротивления на валу двигателя от угла поворота конвертера.</p> <p>52. Начертить качественную зависимость момента сопротивления на валу двигателя от количества металла в конвертере (при различных углах поворота).</p> <p>53. Начертить циклограмму работы электропривода конвертера и указать выполняемые операции.</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>54. С какой целью для механизма поворота конвертора применяют многодвигательный электропривод.</p> <p>55. Начертить зависимость момента сопротивления на валу от времени для механизма кристаллизатора МНЛЗ.</p> <p>56. Начертить тахограмму и нагрузочную диаграмму для главного электропривода блюминга.</p> <p>57. Перечислить основные требования к электроприводу валков блюминга.</p> <p>58. Указать основные особенности индивидуального электропривода валков блюминга.</p> <p>59. Начертить тахограмму и нагрузочную диаграмму главного электропривода чистовой клетки непрерывного листового стана горячей прокатки.</p> <p>60. Перечислить основные требования к электроприводу валков чистовых клеток непрерывного листового стана горячей прокатки.</p> <p>61. Указать основные типы станов холодной прокатки.</p> <p>62. Указать технологические процессы для непрерывного листового стана холодной прокатки.</p> <p>63. Указать технологические процессы для реверсивного стана холодной прокатки.</p> <p>64. Начертить тахограмму и нагрузочную диаграмму для электропривода валков клетки непрерывного листового стана холодной прокатки.</p> <p>65. Начертить зависимость угловой скорости вращения барабана, линейной скорости движения прокатываемого металла, момента, развиваемого двигателем, тока якорной цепи двигателя от диаметра рулона для моталки непрерывного листового стана холодной прокатки.</p> <p>66. Начертить зависимость угловой скорости вращения барабана, линейной скорости движения прокатываемого металла, момента, развиваемого двигателем, тока якорной цепи двигателя от времени для моталки непрерывного листового стана горячей прокатки.</p> <p>67. Перечислить основные требования, предъявляемые к электроприводу моталки листового стана холодной прокатки.</p> <p>68. С какой целью в систему регулирования натяжения полосы для моталки листового стана холодной прокатки вводят узел компенсации динамического тока.</p> <p>69. Начертить тахограмму и нагрузочную диаграмму для электропривода нажимного устройства клетки прокатного стана (реверсивный стан горячей прокатки, чистовая группа клеток непрерывного листового стана горячей прокатки).</p> <p>70. Перечислить основные требования к электроприводу нажимного устройства клетки прокатного стана (реверсивный стан горячей прокатки, чистовая группа клеток непрерывного листового стана горячей прокатки).</p>
ПК-6: Способность разрабатывать и использовать инновационные энергосберегающие технологии в промышленности и на транспорте		
Знать	-методики расчета инновационных	1. Что такое интегральный метод оценки мотивационной среды в энергосбережении?

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства																																																																																										
	<p>энергосберегающих технологий</p> <p>-современные способы энергосбережения в промышленности и транспорте</p>	<p>2. В чем заключается суть рыночных методов оценки энергоэффективности?</p> <p>3. В чем заключается упрощенная методика технико-экономического расчета обоснованности мероприятий по энергосбережению (Рыночный методический подход)?</p> <p>4. В чем заключается методика оценки экономической эффективности энергосберегающих мероприятий (Методика оценки эффективности краткосрочных реинвестиций в энергосбережение)?</p> <p>5. В чем заключается методика оценки эффективности энергосберегающих мероприятий, осуществляемых за счет заемных средств, возврат которых обеспечен полученной экономии?</p> <p>6. Как реализуется модель финансового анализа проектов по повышению эффективности использования энергии?</p>																																																																																										
Уметь	<p>-произвести расчет энергетических затрат</p> <p>-проанализировать эффективность использования того или иного метода энергосбережения</p>	<p>1. Произведите расчет расхода электроэнергии по всем цехам дистанции пути за год. Количество и мощность всех потребителей электроэнергии, а также расчет приведены в таблице. Потери электроэнергии взять в количестве 10% от каждого цеха.</p> <table border="1" data-bbox="719 958 1481 2085"> <thead> <tr> <th colspan="5" data-bbox="719 958 1481 1032">Таблица 7. Расчет потребности в электроэнергии дистанции пути на гол</th> </tr> <tr> <th data-bbox="719 1032 922 1182">Цех, наименование потребителя электроэнергии</th> <th data-bbox="922 1032 1090 1182">Количество потребителей</th> <th data-bbox="1090 1032 1230 1182">Мощность, кВт</th> <th data-bbox="1230 1032 1334 1182">Часы работы, горения</th> <th data-bbox="1334 1032 1481 1182">Количество кВт × ч в год</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="5" data-bbox="719 1182 1481 1216">Цех дефектоскопии:</td> </tr> <tr> <td data-bbox="719 1216 922 1290">внутреннее освещение</td> <td data-bbox="922 1216 1090 1290">21</td> <td data-bbox="1090 1216 1230 1290">0,06</td> <td data-bbox="1230 1216 1334 1290">720</td> <td data-bbox="1334 1216 1481 1290">907,2</td> </tr> <tr> <td data-bbox="719 1290 922 1364">лампа дневного света</td> <td data-bbox="922 1290 1090 1364">21</td> <td data-bbox="1090 1290 1230 1364">0,02</td> <td data-bbox="1230 1290 1334 1364">720</td> <td data-bbox="1334 1290 1481 1364">302,4</td> </tr> <tr> <td data-bbox="719 1364 922 1400">электророзетка</td> <td data-bbox="922 1364 1090 1400">23</td> <td data-bbox="1090 1364 1230 1400">0,22</td> <td data-bbox="1230 1364 1334 1400">480</td> <td data-bbox="1334 1364 1481 1400">2428,8</td> </tr> <tr> <td data-bbox="719 1400 922 1473">сверлильный станок</td> <td data-bbox="922 1400 1090 1473">1</td> <td data-bbox="1090 1400 1230 1473">1,10</td> <td data-bbox="1230 1400 1334 1473">350</td> <td data-bbox="1334 1400 1481 1473">385,0</td> </tr> <tr> <td data-bbox="719 1473 922 1509">электроточило</td> <td data-bbox="922 1473 1090 1509">1</td> <td data-bbox="1090 1473 1230 1509">0,22</td> <td data-bbox="1230 1473 1334 1509">350</td> <td data-bbox="1334 1473 1481 1509">77,0</td> </tr> <tr> <td data-bbox="719 1509 922 1583">вытяжной шкаф</td> <td data-bbox="922 1509 1090 1583">2</td> <td data-bbox="1090 1509 1230 1583">0,15</td> <td data-bbox="1230 1509 1334 1583">350</td> <td data-bbox="1334 1509 1481 1583">105,0</td> </tr> <tr> <td colspan="5" data-bbox="719 1583 1481 1619">Итого</td> </tr> <tr> <td colspan="5" data-bbox="719 1619 1481 1655">Контора:</td> </tr> <tr> <td data-bbox="719 1655 922 1729">внутреннее освещение</td> <td data-bbox="922 1655 1090 1729">99</td> <td data-bbox="1090 1655 1230 1729">0,10</td> <td data-bbox="1230 1655 1334 1729">720</td> <td data-bbox="1334 1655 1481 1729">7128,0</td> </tr> <tr> <td data-bbox="719 1729 922 1803">внутреннее освещение</td> <td data-bbox="922 1729 1090 1803">7</td> <td data-bbox="1090 1729 1230 1803">0,20</td> <td data-bbox="1230 1729 1334 1803">720</td> <td data-bbox="1334 1729 1481 1803">1008,0</td> </tr> <tr> <td data-bbox="719 1803 922 1877">лампа дневного света</td> <td data-bbox="922 1803 1090 1877">27</td> <td data-bbox="1090 1803 1230 1877">0,04</td> <td data-bbox="1230 1803 1334 1877">720</td> <td data-bbox="1334 1803 1481 1877">777,6</td> </tr> <tr> <td data-bbox="719 1877 922 1912">электророзетка</td> <td data-bbox="922 1877 1090 1912">35</td> <td data-bbox="1090 1877 1230 1912">0,22</td> <td data-bbox="1230 1877 1334 1912">480</td> <td data-bbox="1334 1877 1481 1912">3696,0</td> </tr> <tr> <td data-bbox="719 1912 922 1986">наружное освещение</td> <td data-bbox="922 1912 1090 1986">3</td> <td data-bbox="1090 1912 1230 1986">1,50</td> <td data-bbox="1230 1912 1334 1986">2400</td> <td data-bbox="1334 1912 1481 1986">10 800,0</td> </tr> <tr> <td data-bbox="719 1986 922 2022">электропечь</td> <td data-bbox="922 1986 1090 2022">14</td> <td data-bbox="1090 1986 1230 2022">1,00</td> <td data-bbox="1230 1986 1334 2022">480</td> <td data-bbox="1334 1986 1481 2022">6720,0</td> </tr> <tr> <td data-bbox="719 2022 922 2085">компьютер</td> <td data-bbox="922 2022 1090 2085">7</td> <td data-bbox="1090 2022 1230 2085">0,75</td> <td data-bbox="1230 2022 1334 2085">1800</td> <td data-bbox="1334 2022 1481 2085">9450,0</td> </tr> </tbody> </table>	Таблица 7. Расчет потребности в электроэнергии дистанции пути на гол					Цех, наименование потребителя электроэнергии	Количество потребителей	Мощность, кВт	Часы работы, горения	Количество кВт × ч в год	Цех дефектоскопии:					внутреннее освещение	21	0,06	720	907,2	лампа дневного света	21	0,02	720	302,4	электророзетка	23	0,22	480	2428,8	сверлильный станок	1	1,10	350	385,0	электроточило	1	0,22	350	77,0	вытяжной шкаф	2	0,15	350	105,0	Итого					Контора:					внутреннее освещение	99	0,10	720	7128,0	внутреннее освещение	7	0,20	720	1008,0	лампа дневного света	27	0,04	720	777,6	электророзетка	35	0,22	480	3696,0	наружное освещение	3	1,50	2400	10 800,0	электропечь	14	1,00	480	6720,0	компьютер	7	0,75	1800	9450,0
Таблица 7. Расчет потребности в электроэнергии дистанции пути на гол																																																																																												
Цех, наименование потребителя электроэнергии	Количество потребителей	Мощность, кВт	Часы работы, горения	Количество кВт × ч в год																																																																																								
Цех дефектоскопии:																																																																																												
внутреннее освещение	21	0,06	720	907,2																																																																																								
лампа дневного света	21	0,02	720	302,4																																																																																								
электророзетка	23	0,22	480	2428,8																																																																																								
сверлильный станок	1	1,10	350	385,0																																																																																								
электроточило	1	0,22	350	77,0																																																																																								
вытяжной шкаф	2	0,15	350	105,0																																																																																								
Итого																																																																																												
Контора:																																																																																												
внутреннее освещение	99	0,10	720	7128,0																																																																																								
внутреннее освещение	7	0,20	720	1008,0																																																																																								
лампа дневного света	27	0,04	720	777,6																																																																																								
электророзетка	35	0,22	480	3696,0																																																																																								
наружное освещение	3	1,50	2400	10 800,0																																																																																								
электропечь	14	1,00	480	6720,0																																																																																								
компьютер	7	0,75	1800	9450,0																																																																																								

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства				
		ксерокс	2	0,75	970	1455,0
		Итого				
		Цех ремонта машин и механизмов:				
		внутреннее освещение	30	0,10	720	2160,0
		лампа дневного света	10	0,04	720	288,0
		электророзетка	20	0,22	480	2112,0
		наружное освещение	3	1,50	2400	10 800,0
		электропечь	8	1,00	480	3840,0
		электропила	1	3,00	560	1680,0
		молот	2	22,00	560	24 640,0
		кран-балка	1	15,50	370	5735,0
		вентилятор	1	1,50	560	840,0
		заточной станок	1	4,00	320	1280,0
		фрезерный станок	1	7,50	520	3900,0
		строгальный станок	1	5,00	365	1825,0
		болторезный станок	1	5,00	320	1600,0
		сверлильный станок	1	1,50	560	840,0
		токарный станок	1	10,00	126	1260,0
		сварочный аппарат	1	30,00	1040	31 200,0
		Итого				
		Мостовой цех:				
		внутреннее освещение	3	0,10	720	216,0
		электророзетка	3	0,22	320	211,2
		электропечь	1	1,00	320	320,0
		Итого				
		Строительный цех:				
		внутреннее освещение	1	0,10	1004	100,4
		пилорама	1	45,00	502	22 590,0
		циркулярная пила	1	35,00	1004	35 140,0
		строгальный станок	1	25,00	502	12 550,0
		сварочный аппарат	1	30,00	753	22 590,0
		Итого				
		Околоток № 1:				

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства				
		внутреннее освещение	4	0,10	720	288,0
		электророзетка	3	0,22	320	211,2
		Итого				
		Околоток № 2:				
		внутреннее освещение	4	0,10	720	288,0
		лампа дневного света	2	0,04	720	57,6
		электропечь	1	1,00	320	320,0
		электророзетка	3	0,22	320	211,2
		Итого				
		Околоток № 3:				
		внутреннее освещение	3	0,10	720	216,0
		лампа дневного света	1	0,04	720	28,8
		электропечь	1	1,00	320	320,0
		электророзетка	3	0,22	320	211,2
		Итого				
		Околоток № 4:				
		внутреннее освещение	6	0,10	720	432,0
		электророзетка	4	0,22	320	281,6
		Итого				
		Околоток № 5:				
		внутреннее освещение	4	0,10	720	288,0
		электророзетка	3	0,22	320	211,2
		электропечь	1	1,00	320	320,0
		Итого				
		Всего				
		2. По данным таблицы задачи 1, определите: суммарную установленную в цехе мощность токоприемников; активную мощность по группам оборудования, имеющего однородный характер работы, а также суммарную активную мощность по всему цеху; годовой расход электроэнергии.				
Владеть	-понятийным аппаратом в сфере электроснабжения -базовыми методами и методиками расчета энергоэффективности для различных сфер промышленности	1. Как скалярное управление асинхронным двигателем способствует экономии электроэнергии? 2. Какие электроприводы позволяют осуществлять рекуперацию? Какое количество энергии в процентном соотношении от потребляемой можно вернуть обратно в сеть? 3. Какие существуют методы повышения энергоэффективности металлургических электроприводов? 4. Какие методы и методики энергосбережения используются при работе регулируемых электроприводов для механизмов с вентиляторной характеристикой? Как производится оценка электромагнитной совместимости комплекса «преобразователь - регулируемый электродвигатель - питающая сеть»?				

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		5. Электромагнитная совместимость в системе преобразователь частоты - асинхронный двигатель (ПЧ-АД): принципы работы АИН с ШИМ и его влияние на энергоэффективность.

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания.

Изучение учебной дисциплины «Современный автоматизированный электропривод» длится 1 семестр, завершается зачетом с оценкой.

Зачет с оценкой по данной дисциплине проводится в устной форме по теоретическим вопросам, изучаемым на протяжении учебного семестра.

Показатели и критерии оценивания зачета с оценкой:

- на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
- на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
- на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
- на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.