

**Федеральное агентство по образованию
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГОУВП «АмГУ»**

Энергетический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой АППиЭ

_____ **А. Н. Рыбалёв**

«__» _____ **2007 г**

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИВОД

Учебно-методический комплекс дисциплины
для специальности 14.02.11 «Электроснабжение»

Составитель: старший преподаватель Редозубов Р. Р.

Благовещенск 2007 г.

Печатается по решению редакционно-издательского совета энергетического факультета Амурского государственного университета.

Р.Д. Редозубов

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Электрический привод» для студентов очной формы обучения по специальности 14.02.11 -- «Электроснабжение». – Благовещенск. Амурский государственный университет, 2007.

Учебно-методические рекомендации ориентированы на оказание помощи студентам очной формы обучения по специальности 14.02.11 – «Электроснабжение» для формирования знаний при изучении курса «Электрический привод».

Амурский государственный университет, 2007.

СОДЕРЖАНИЕ:

<u>РАБОЧАЯ ПРОГРАММА.....</u>	<u>5</u>
<u>ПЛАН-КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ.....</u>	<u>26</u>
<u>ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ.....</u>	<u>36</u>
<u>ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ И ЭКЗАМЕНУ.....</u>	<u>40</u>

Федеральное агентство по образованию Российской Федерации
Амурский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
Е.С. Астапова
личная подпись, И.О.Ф

«__» _____ 200__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине «Электрический привод»

для специальности 140211 «Электроснабжение»

Курс 4

Семестр 7,8

Лекции 62 (час.)

Зачет 7

Лабораторные занятия 16 (час.)

Экзамен 8

Самостоятельная работа 32 (час.)

Всего часов 110

Составитель Р.Д. Редозубов, ст. преподаватель кафедры автоматизации
производственных процессов и электротехники

(И.О.Ф., должность, ученое звание)

Факультет Энергетический

Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники

2006 г.

Рабочая программа составлена на основании Государственного образовательного стандарта ВПО 650900 «Электроэнергетика» и учебного плана специальности 140211 «Электроснабжение»: блок специальных дисциплин, СД. 05 «Электрический привод»

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры автоматизации производственных процессов и электротехники

«__» _____ 200__ г., протокол № _____

Заведующий кафедрой _____ А.Н. Рыбалев

Рабочая программа одобрена на заседании УМС 140211 «Электроснабжение»

«__» _____ 200__ г., протокол № _____

Председатель _____

СОГЛАСОВАНО

Начальник УМУ

_____ Г.Н. Торопчина

(подпись, И.О.Ф.)

«__» _____ 200__ г.

СОГЛАСОВАНО

Председатель УМС факультета

_____ Ю.В. Мясоедов

(подпись, И.О.Ф.)

«__» _____ 200__ г.

СОГЛАСОВАНО

Заведующий выпускающей кафедрой

_____ Н.В. Савина

(подпись, И.О.Ф.)

«__» _____ 200__ г.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Предметом изучения данной дисциплины являются электромеханические системы промышленных установок, технологических процессов и их электропитание.

Основная цель изучения дисциплины заключается в овладении знаниями основ электропривода, его свойств, характеристик современных направлений развития вопросов энергетики электропривода.

Задачами изучения данной дисциплины являются:

- овладение конкретными методами расчета параметров цепей электропривода, выбора схем и устройств управления;
- изучение современного технического состояния и особенности электрического привода применительно к типовым промышленным механизмам;
- изучение технических требований, предъявляемых к электрическому приводу промышленных установок;
- способы технического осуществления систем электропривода, обеспечивающие поставленные технические требования;
- методики определения мощности электропривода;
- изучение особенностей электроснабжения типовых промышленных установок.

Дисциплина базируется на курсах: «Прикладная механика», «Электрические машины», «Электротехника», «Информационно-измерительная техника и электроника».

Цель изучения дисциплины «Электрический привод» заключается в формировании у студентов знаний и умений анализа и синтеза систем общепромышленных электроприводов, включая вопросы их электроснабжения.

В результате изучения этой дисциплины студент должен знать:

- основные понятия электропривода и его место в промышленности;
- основные принципы и концепции построения систем электропривода;

– методы анализа и синтеза систем электропривода, их регулирование и управление;

– основные проблемы и перспективы направления развития электропривода;

Уметь:

– создавать системы регулирования и управления электроприводами;

– осуществлять анализ качества систем регулирования и управления электроприводами;

– обоснованно выбирать структуры и схемы регулирования и управления, осуществлять параметрическую оптимизацию регулирующих и управляющих устройств электропривода;

– решать вопросы электроснабжения общепромышленных предприятий с учетом условий нормального функционирования электропривода.

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. ГОСУДАРСТВЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К МИНИМУМУ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СД.05

Основные характеристики электродвигателей постоянного и переменного тока, определяющие их применение в производственных и коммунально-бытовых технологических процессах; основные схемы электроприводов различного назначения; автоматизация электропривода; расчёты и выбор двигателей и иного электрооборудования при проектировании электрических приводов.

2. ЛЕКЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ

7 семестр – 32 часа

2.1. Общая характеристика и принципы построения электропривода – 2 часа.

Понятие электропривода: примеры, краткий исторический очерк развития. Характеристика электропривода, как основного средства электрификации и автоматизации производственных процессов и как основной нагрузки в системах электроснабжения. Классификация электроприводов.

2.2. Основы механики электропривода – 2 часа.

Структура механической части электропривода. Уравнение движения элементов механической части. Приведение моментов и сил сопротивления, масс и моментов инерции к одному элементу.

2.3. Обзор, классификация и характеристики типовых общепромышленных механизмов – 2 часа.

Подъемные, центробежные, мельничные механизмы. Формулы моментов сопротивлений для различных механизмов.

2.4. Механические характеристики электродвигателей – 6 часов.

Механические и электромеханические характеристики двигателей постоянного тока независимого, параллельного, последовательного и смешанного возбуждения. Уравнение равновесия для якорной цепи двигателя постоянного тока независимого, последовательного, параллельного и смешанного возбуждения. Пуск, торможение и регулирование скорости двигателей постоянного тока.

Характеристики асинхронных двигателей. Формула Клосса. Влияние сопротивлений в цепи ротора на характеристику двигателя. Пусковые и тормозные режимы асинхронных двигателей. Принципы регулирования скорости асинхронных двигателей.

Характеристики синхронных двигателей. Пуск, торможение и регулирование скорости синхронных двигателей. Регулирование реактивной мощности синхронных двигателей.

2.5. Методы выбора типа и расчет мощности электродвигателей типовых электроприводов – 8 часов.

Критерий выбора мощности электродвигателя по: условиям нагрева, перегрузочной способности, условиям пуска. Нагрузочные диаграммы механизмов и электропривода.

Нагрев и охлаждение электродвигателей. Метод средних потерь.

Режимы работы электропривода: длительный, кратковременный, повторно-кратковременный. Методы проверки мощности выбранного электродвигателя по нагреву для двигательного режима с переменной нагрузкой (метод эквивалентных величин). Выбор мощности двигателя при повторно-кратковременных режимах работы. Методы пересчета электродвигателей режима S1 на другие режимы.

2.6. Элементы и блоки электропривода. Электроприводы типовых общепромышленных установок и их характеристики – 4 часа.

Особенности конструкций и технических характеристик электродвигателей, применяемых в типовых промышленных установках: кранах, лифтах, металлообрабатывающих станках, прокатных станах и т.д.

2.7. Типовые системы управления электроприводами постоянного и пере-

менного тока. Их структуры и характеристики – 4 часа.

Структурные и принципиальные схемы систем управления асинхронными, постоянного тока и синхронными двигателями.

2.8. Проверка возможности запуска асинхронного двигателя при заданном источнике питания – 2 часа.

2.11. Методы и выбор питающей, пусковой и защитной аппаратуры электроприводов – 2 часа.

Выбор питающих проводов, предохранителей, автоматических выключателей, пускателей, контакторов, тепловых реле.

8 семестр – 30 часов

2.10. Современная пуско-защитная аппаратура электроприводов – 4 часа.

Твердотельная пусковая аппаратура. Устройство встроенной тепловой защиты электродвигателей (УВТЗ). Фазочувствительное устройство защиты (ФУЗ). Защита от обрыва фазы. Устройства контроля сопротивления изоляции.

2.11. Регулирование частоты вращения электропривода – 8 часов.

2.11.1. Основные показатели регулирования частоты электропривода: диапазоны, плавность, экономичность регулирования частоты вращения – 2 часа.

2.11.2. Способы и аппаратура для регулирования частоты вращения двигателей постоянного тока независимого, параллельного возбуждения – 2 часа.

2.11.3. Способы и аппаратура для регулирования частоты вращения асинхронных и синхронных двигателей. Вентильный привод. – 4 часа.

2.12. Переходные процессы в электроприводах – 6 часов.

Определение переходных процессов. Уравнения динамики электроприводов постоянного тока, асинхронных и синхронных электроприводов. Параметры, влияющие на переходные процессы. Электромеханическая и электромагнитная постоянные времени. Определение времени разгона и торможения электропривода при неизменном динамическом моменте. Потери энергии в переходных процессах.

2.13. Электрооборудование кранов и подъемников – 4 час.

2.13.1. Общие сведения о подъемно-транспортных машинах прерывистого действия – 2 часа.

2.13.2. Точная остановка механизмов. Тормозные устройства и способ их подключения. Типовые схемы приводов кранов. Типовые схемы привода тихоходных и быстроходных лифтов. Особенности электроснабжения кранов – 2 часа.

2.14. Электрооборудование машин непрерывного действия – 4 часа.

Назначение и классификация машин непрерывного действия. Статические нагрузки конвейеров. Определение мощности двигателей и места их установки. Допустимые ускорения. Диапазон регулирования скорости и способы их осуществления. Многодвигательный электропривод конвейеров и распределение нагрузки между электродвигателями. Особенности запуска и остановки многосекционных ленточных конвейеров. Типовые схемы управления ими. Конвейеры с согласованным движением. Требования к электроприводу этих конвейеров. Схемы группового электропривода для обеспечения согласованного движения конвейеров. Особенности электроснабжения механизмов непрерывного транспорта.

2.15. Электрооборудование насосов и воздуходушных машин – 4 часа.

Назначение и конструкция насосов, воздуходушных машин, их технические характеристики. Статические нагрузки и определение мощности двигателей. Требования, предъявляемые к электроприводам. Мощность и типы применяемых двигателей. Энергетические показатели различных способов регулирования производительности насосов и воздуходушных машин. Типовые схемы управления электроприводами.

3. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ (16 часов)

Лабораторные работы предусмотрены в 7 семестре.

Темы лабораторных работ:

3.1. Изучение нереверсивного пуска и останова асинхронного электродви-

гателя посредством магнитного пускателя. Изучение твердотельной пуско-защитной аппаратуры на примере пускателя бесконтактного реверсивного ПБР-3А – 2 часа.

3.2. Изучение устройства встроенной тепловой защиты (УВТЗ) асинхронных электродвигателей – 2 часа.

3.3. Изучение устройства фазочувствительной защиты (ФУЗ) асинхронных электродвигателей – 2 часа.

3.4. Изучение установки комплектного электропривода ЭТ1Е2 - 2 час.

3.5. Изучение частотно-управляемого электропривода на базе асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором и преобразователя частоты SJ-100 – 4 час.

3.6. Снятие механических и электромеханических характеристик асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором при его питании непосредственно от сети и от преобразователя частоты SJ-100 – 4 час.

4. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА (32 часа)

Самостоятельная работа студентов по дисциплине предусматривается в следующих формах:

4.1. Предварительная подготовка к лабораторным занятиям и составление отчетов по ним – 16 часов.

4.2. Изучение разделов дисциплины практического характера – 16 часов:

4.2.1. Анализ и синтез релейных схем управления электроприводов – 4 часа.

4.2.2. Изучение систем управления многоконвейерными установками включая их многодвигательный электропривод – 4 часа.

4.2.3. Изучение особенностей защиты водоподъемных глубинных электроприводов – 4 часа.

4.2.4. Изучение современных электроприводов. Тенденции их развития и применения – 4 часа.

5. ПЕРЕЧЕНЬ И ТЕМЫ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ФОРМ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

Промежуточный контроль знаний студентов по дисциплине предусматривает по две контрольные точки в 7 и 8 семестрах, оценки по которым выставляются на основе информации о выполнении лабораторных работ, а также на основе тестирования теоретических знаний, полученных за прошедший период обучения. Предусмотрено тестирование по темам:

5.1. Основы механики электропривода. Механические характеристики электродвигателей – 7 семестр, 1-я контрольная точка;

5.2. Методы выбора типа и расчет мощности электродвигателей типовых электроприводов – 7 семестр, 2-я контрольная точка;

5.3. Регулирование частоты вращения электропривода – 8 семестр, 1-я контрольная точка;

5.4. Переходные процессы в электроприводах – 8 семестр, 2-я контрольная точка.

6. ЗАЧЕТ

7 семестр

6.1. Общие положения.

Для получения зачета необходимым и достаточным является выполнение студентом следующих требований:

- выполнены, сданы и защищены лабораторные работы;
- даны ответы на 2 вопроса по теоретическому курсу. Ответы должны демонстрировать понимание материала.

Студент, не выполнивший две и меньше лабораторные, работы допускается к получению зачета, при этом ему задаются дополнительные вопросы по теме незащищенных лабораторных работ. В случае необходимости преподаватель вправе задавать дополнительные вопросы по теме работы и ее результатам.

Студент, не выполнивший и не защитивший более двух лабораторных работ, к получению зачета не допускается.

6.2. Вопросы к зачету:

1. Понятие электропривода. Общая характеристика и принцип построения электропривода.

2. Характеристика электропривода, как основного средства электрификации и автоматизации производственных процессов и как основной нагрузки в системах электроснабжения.

3. Классификация электроприводов.

4. Основы механики. Структура механической части электропривода. Уравнение движения элементов механической части. Приведение моментов и сил сопротивления, масс и моментов инерции к одному элементу.

5. Обзор, классификация и характеристики типовых общепромышленных механизмов.

6. Формула моментов сопротивлений и ее степени для различных механизмов: подъемных, центробежных, мельничных.

7. Механические характеристики ДПТ.

8. Механические характеристики асинхронных двигателей. Формула Клосса.

9. Механическая и угловая характеристики синхронного двигателя.

10. Регулирование реактивной мощности синхронного двигателя.

11. Типовые системы электропривода и их характеристики.

12. Особенности конструкций и технических характеристик электродвигателей, применяемых в типовых промышленных установках: кранах, лифтах и т.д.

13. Методы выбора типа и расчет мощности электродвигателей типовых электроприводов.

14. Критерий выбора мощности электродвигателя по условиям нагрева.

15. Критерий выбора мощности электродвигателя по перегрузочной способности.

16. Критерий выбора мощности электродвигателя по условиям пуска.

17. Режимы работы электропривода: длительный, кратковременный, по-

вторно-кратковременные.

18. Методы проверки мощности выбранного электродвигателя по нагреву для двигательного режима с переменной нагрузкой (метод эквивалентных величин).

19. Выбор мощности двигателя при повторно-кратковременных режимах работы.

20. Типовые системы электропривода постоянного и переменного тока. Их структура и характеристик.

21. Структурные и принципиальные схемы управления асинхронными двигателями. постоянного тока и синхронными двигателями.

22. Структурные и принципиальные схемы управления двигателями постоянного тока.

23. Структурные и принципиальные схемы управления синхронными двигателями

24. Методика проверки возможности запуска асинхронного двигателя при заданном источнике питания.

25. Нагрев и охлаждение электродвигателей.

26. Методы пересчета электродвигателей режима S1 на другие режимы.

27. Выбор питающей, пусковой и защитной аппаратуры электроприводов.

7. ЭКЗАМЕН

7.1 Общие положения

По курсу предусмотрен экзамен в 8 семестре.

Для допуска к экзамену достаточными основаниями являются выполнение и сдача всех лабораторных работ, а так же успешное получение зачета в 7 семестре. В порядке исключения к экзамену может также быть допущен студент, не выполнивший одну или две работы.

Студент, не сдавший одной или двух работ и допущенный к экзамену в порядке исключения, отвечает также дополнительные вопросы по теме этих работ. Для подготовки ответа студенту отводится 40 мин. Для получения удовлетворительной оценки достаточно показать знание основных понятий по теме вопросов. Оценка «хорошо» выставляется студенту, правильно решившему задачу и показавшему способность экономического, математического, технического и др. обоснований применяемых решений. Оценка «отлично» выставляется, если, кроме того, студент правильно ответил на дополнительные вопросы по темам, смежным с темами основных вопросов. При этом неправильные ответы на дополнительные вопросы могут служить основанием для снижения оценки до «удовлетворительно», если эти ответы свидетельствуют о слабом понимании материала.

Экзамен предусматривает ответы на два теоретических вопроса.

7.2. Вопросы к экзамену:

1. Назначение и принцип действия устройства встроенной тепловой защиты электродвигателя (УВТЗ).

2. Назначение и принцип действия фазочувствительного устройства защиты (ФУЗ).

3. Назначение и принцип действия защиты от обрыва фазы.

4. Устройства контроля сопротивления изоляции.

5. Основные показатели регулирования частоты электропривода.

6. Способы и аппаратура для регулирования частоты вращения двигателей постоянного тока.

7. Способы и аппаратура для регулирования частоты вращения асинхронных двигателей.

8. Особенности частотного управления синхронным двигателем.

9. Уравнения динамики электропривода постоянного тока.

10. Уравнения динамики асинхронного электропривода.

11. Понятие об электромеханической и электромагнитной постоянной времени (на примере электропривода постоянного тока).

12. Определение времени разгона и торможения электропривода при неизменном динамическом моменте.
13. Потери энергии в переходных процессах.
14. Основные требования к электроприводам подъемно-транспортных машин прерывистого действия.
15. Устройства точной остановки механизмов.
16. Типовые схемы приводов кранов.
17. Типовые схемы привода тихоходных и быстроходных лифтов.
18. Особенности электроснабжения кранов.
19. Назначение и классификация машин непрерывного действия.
20. Основные требования, предъявляемые к электроприводам конвейеров.
21. Особенности многодвигательного электропривода конвейеров. Распределение нагрузки между электродвигателями.
22. Типовые схемы управления многодвигательным электроприводом конвейеров.
23. Основные требования к электроприводу конвейеров с согласованным движением. Схемы группового управления.
24. Назначение и конструкция основных типов насосов и воздуходувных машин, их технические характеристики.
25. Порядок определения мощности двигателей насосов и воздуходувных машин.
26. Способы регулирования производительности насосов и воздуходувных машин и их энергетические показатели.
27. Типовые схемы управления электроприводами насосов и воздуходувных машин

1. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. В.В. Москаленко. Электрический привод. Учеб. пособие. Доп. Мин. обр. РФ. М.: Мастерство: Высш. шк. 2000, 367 с. – 2 экз (эн. фак.)

1.2. Автоматизированные системы приводов технологического оборудования. Учеб. пособие. Рек. Мин. обр. РФ. О.Н. Трифонов, В.И. Иванов, Г.О. Трифонова. М.: СТАНКИН, 1998, 119 с. – 5 экз (эн. фак.)

1.3. В.Д. Сартаков. Микропроцессорное управление электроприводами. Учеб. пособие. В 2 частях. Иркутск: Изд-во Иркут. гос. тех. ун-та, 1999, 200 с. – 1 экз. (эн. фак.)

2. ПЕРЕЧЕНЬ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

2.1. Следящие приводы. Ред. Б.К. Чемоданова. В 3 т. Т. 1. Теория и проектирование следящих приводов. Научное издание. М.: Изд-во МГТУ им Н.Э.Баумана, 1999, 904 с. – 1 экз. (эн. фак.) – для ознакомление с теорией следящего электропривода.

2.2. М.Г. Чиликин, В.И. Ключев, А.С. Сандлер. Теория автоматизированного электропривода. М.: Энергоиздат, 1979 – для детального изучения обобщенной теории электродвигателей.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ) КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

1	2	3	4	5 5	6 6	7	8	9
10	9	Методы выбора и проектирования вентильных аппаратов общепромышленных установок и их характеристики проводящих проводов, предохранительных устройств в электрических сетях переменного тока при авариях в линиях электропередачи.				Предварительная подготовка к лабораторным занятиям и составление отчетов по ним	1	сдача работы, зачет
		типовых промышленных				8 семестр		
1	10	Современная пуско-защитная аппаратура для электродвигателей, станков, трансформаторов, аппаратуры управления.				Анализ и синтез релейных схем управления	1	1-е тестирование, экзамен
13		Работа по освоению управления электроприводами с помощью микропроцессорных устройств.		6. Снятие механических и электромеханических характеристик		Предварительная подготовка к лабораторным занятиям	1	Непосредственный контроль выполнения, сдача работы, зачет
2	10	Современная пуско-защитная аппаратура для электродвигателей с фазным и фазно-амперным управлением. Защита от обрыва фазы. Устройства контроля сопротивления изоляции.		характеристик асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором при его питании		Анализ и синтез релейных схем управления электроприводов	1	1-е тестирование, экзамен
3	11	Регулирование частоты вращения электропривода. Основные показатели регулирования частоты электропривода.		непосредственно от сети и от преобразователя частоты SJ-100		Анализ и синтез релейных схем управления электроприводов	1	1-е тестирование, экзамен
14	7	Типовые системы управления и регулирования частоты вращения. Их структуры и характеристики.				Предварительная подготовка к лабораторным занятиям	1	сдача работы, зачет
4	11	Регулирование частоты вращения электропривода. Принципиальные схемы систем управления регулированием частоты вращения двигателей.				Анализ и синтез релейных схем управления электроприводов	1	1-е тестирование, экзамен
15	8	Проверка возможности возбуждения синхронного двигателя при регулировании частоты вращения электропривода.		6. Снятие механических и электромеханических характеристик асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором при его питании		Предварительная подготовка к лабораторным занятиям и составление отчетов по ним	1	Непосредственный контроль выполнения, сдача работы, зачет
5	11	Регулирование частоты вращения электропривода. Способы и аппаратура для регулирования частоты вращения асинхронных двигателей.		характеристик асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором при его питании		Предварительная подготовка к лабораторным занятиям и составление отчетов по ним	1	1-е тестирование, экзамен
				непосредственно от сети и от преобразователя частоты SJ-100				

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	11	Регулирование частоты вращения электропривода. Способы и аппаратура для регулирования частоты вращения синхронных двигателей. Вентильный привод.				Изучение систем управления многоконвейерными установками включая их многодвигательный электропривод	1	1-е тестирование, экзамен
7	12	Переходные процессы в электроприводах. Определение переходных процессов. Уравнения динамики электроприводов постоянного тока. Параметры, влияющие на переходные процессы. Электромеханическая и электромагнитная постоянные времени.				Изучение систем управления многоконвейерными установками включая их многодвигательный электропривод	1	2-е тестирование, экзамен
8	12	Переходные процессы в электроприводах. Определение переходных процессов. Уравнения динамики электроприводов асинхронных и синхронных электроприводов.				Изучение систем управления многоконвейерными установками включая их многодвигательный электропривод	1	2-е тестирование, экзамен
9	12	Переходные процессы в электроприводах. Определение времени разгона и торможения электропривода при неизменном динамическом моменте. Потери энергии в переходных процессах.				Изучение особенностей защиты водоподъемных глубинных электроприводов	1	2-е тестирование, экзамен
10	13	Электрооборудование кранов и подъемников. Общие сведения о подъемно-транспортных машинах прерывистого действия.				Изучение особенностей защиты водоподъемных глубинных электроприводов	2	экзамен

1	2	3	4	5	6	7	8	9
14	13	<p>Электрооборудование кранов и воздушных машин.</p> <p>Названия и основные механизмы.</p> <p>Переходные устройства и механизмы их сцепки с кранами.</p> <p>Схемы привода кранов.</p> <p>Условные схемы привода кранов.</p> <p>Пределы мощности и скорости.</p> <p>Требования. Особенности электроснабжения кранов.</p>				<p>Изучение современных электроприводов.</p> <p>Тенденции их развития и применения.</p>	1	экзамен
12	14	<p>Электрооборудование машин непрерывного действия.</p>				<p>Изучение современных электроприводов.</p>	1	экзамен
15	13	<p>Назначение и устройство машин и механизмов.</p> <p>Схемы привода машин.</p> <p>Пределы мощности и скорости.</p> <p>Требования. Особенности электроснабжения машин.</p>				<p>Изучение современных электроприводов.</p> <p>Тенденции их развития и применения.</p>	1	экзамен
		<p>Привод конвейеров и распределение нагрузки между электродвигателями. Особенности запуска и остановки многосекционных ленточных конвейеров. Типовые схемы управления ими.</p>						
13	14	<p>Электрооборудование машин непрерывного действия.</p> <p>Конвейеры с согласованным движением. Требования к электроприводу этих конвейеров.</p> <p>Схемы группового электропривода для обеспечения согласованного движения конвейеров.</p> <p>Особенности электроснабжения механизмов непрерывного транспорта.</p>				<p>Изучение современных электроприводов.</p> <p>Тенденции их развития и применения.</p>	1	экзамен

Федеральное агентство по образованию Российской Федерации
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Энергетический факультет

Р.Д. Редозубов

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИВОД
ПЛАН-КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

Благовещенск

2007

ЛЕКЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ

7 семестр. Основы теории электропривода – 32 часа

1. Общая характеристика и принцип построения электропривода – 2 часа.

Понятие автоматизированного электропривода.

Примеры автоматизированного электропривода: электропривод лифта, электропривод насоса.

Краткий исторический очерк развития. Групповой и многодвигательный электроприводы, их сравнение. Структуры и элементная база систем управления и их развитие. Рост функциональных возможностей.

Характеристика электропривода, как основного средства электрофикации и автоматизации производственных процессов и как основной нагрузки в системах электроснабжения. Совместимость электроприводов с системой энергоснабжения.

Классификация электроприводов.

– по типу применяемых двигателей. Краткая характеристика основных типов электродвигателей;

– по назначению. Электроприводы общепромышленных механизмов, специальные электроприводы.

– по типу системы управления: регулируемый и нерегулируемый электропривод. Структура регулируемого электропривода.

Функции электропривода: понятие о регулировании его координат.

Режим работы электропривода. Установившийся и переходной режимы работы.

Общие положения по регулированию тока, момента, скорости электропривода.

2. Основы механики электропривода – 2 часа.

Структура механической части электропривода с жесткими связями.

Уравнение движения элементов механической части. Приведение моментов и сил сопротивления, а также масс и моментов инерции к одному элементу. Пример.

Механические характеристики двигателей и механизмов: определение,

примеры. Жесткость механической характеристики двигателя. Примеры электроприводов, в которых требуются жесткие и мягкие характеристики.

Электромеханические системы с упругими связями. Двух- и трехмассовые системы. Уравнения движения. Пример составления для двух-массовой системы.

3. Электроприводы постоянного тока – 4 часа.

Общая характеристика и сферы применения электропривода с ДПТ.

Механические и электромеханические характеристики двигателей постоянного тока независимого возбуждения. Режимы работы машины постоянного тока с независимым возбуждением: двигательный, идеального холостого хода, короткого замыкания, генераторный последовательно и параллельно с сетью. Уравнения баланса мощностей во всех режимах.

Нерегулируемый привод постоянного тока. Пуск и электрическое торможение двигателей постоянного тока с независимым возбуждением. Ограничение тока в пуско-тормозных режимах. Способы организации пуска и торможения: по принципам тока, ЭДС и скорости. Типовые узлы релейно-контакторных схем управления.

Регулирование скорости двигателей постоянного тока с независимым возбуждением. Способы: введением добавочного сопротивления в якорную цепь, изменением магнитного потока и тока якоря. Механические, электромеханические и энергетические характеристики электропривода при различных способах регулирования. Техническая реализация способов. Система тиристорный преобразователь – двигатель: основные характеристики.

Механические и электромеханические характеристики электроприводов постоянного тока последовательного и смешанного возбуждения. Режимы работы электроприводов. Особенности пуска и торможения. Сферы применения.

4. Асинхронные электроприводы – 8 час.

Общая характеристика и сферы применения асинхронного электропривода.

Естественные и искусственные механические и электромеханические ха-

характеристики асинхронных двигателей. Вывод формул на основе упрощенной схемы замещения. Формулы Клосса: полная и упрощенная. Понятие критического скольжения и критического момента. Режимы работы асинхронных машин: двигательный, идеального холостого хода, короткого замыкания, генераторный последовательно и параллельно с сетью. Построение механической характеристики по паспортным данным.

Нерегулируемый привод переменного тока. Пуск и электрическое торможение асинхронных двигателей. Ограничение тока в пуско-тормозных режимах введением добавочных сопротивлений и реакторов в статорную цепь, переключением обмотки статора на пониженную скорость, со «звезды» на «треугольник», с применением устройства мягкого пуска.

Повышение пускового момента двигателей с фазным ротором путем включения добавочного сопротивления в роторную цепь. Расчет пускового сопротивления. Типовые узлы релейно-контакторных схем управления пуском и торможением.

Регулирование скорости асинхронных двигателей. Способы регулирования: изменением сопротивления роторной цепи, изменением числа пар полюсов (примеры переключений секций обмотки статора), изменением питающего напряжения, частотное управление. Механические характеристики, технические и энергетические показатели способов регулирования.

Система преобразователь частоты – асинхронный двигатель: основные характеристики. Типовые законы частотного управления. Упрощенный вывод закона Костенко. Типы преобразователей частоты: непосредственный преобразователь, автономные инверторы тока и напряжения. Структура и функциональные возможности современных преобразователей частоты на основе инвертора напряжения с ШИМ-модуляцией.

Переходные процессы в электроприводах переменного тока. Механический и электромеханический переходные процессы. Обобщенная теория динамики машин переменного тока. Уравнения динамики в неподвижных и вращающихся осях.

5. Синхронный электропривод – 8 час.

Общая характеристика и сферы применения синхронного электропривода. Преимущества синхронного электропривода.

Механическая и угловая характеристики синхронного двигателя. Вывод уравнения угловой характеристики для неявнополюсной машины по ее векторной диаграмме. Уравнение характеристики для явнополюсной машины. Устойчивый и неустойчивый участки механической характеристики.

Режимы работы синхронных двигателей: режимы недовозбуждения, полного возбуждения, перевозбуждения, векторные диаграммы в данных режимах.

Компенсация реактивной энергии в синхронном электроприводе. Синхронный компенсатор.

Системы возбуждения синхронных двигателей.

Пуск синхронного электропривода. Пусковая обмотка СД. Процесс возбуждения при пуске. Условия пуска: «легкий» и «тяжелый» пуски. Одноосный эффект.

Торможение синхронного электропривода.

Регулирование скорости СД. Преобразователи частоты для синхронных двигателей. Вентильный электропривод.

6. Потери энергии в электроприводе и способы их снижения – 4 часа.

Классификация потерь энергии в электроприводе. Постоянные и переменные потери.

Потери энергии в двигательном режиме, их зависимость от нагрузки привода. Вывод зависимости потерь от нагрузки, магнитного потока и скорости в относительных единицах. Определение оптимального магнитного потока, обеспечивающего минимум потерь. Возможности снижения потерь при регулировании магнитного потока. Примеры.

Потери энергии в пуско-тормозных режимах, способы снижения. Вывод выражений для потерь для переходных процессов пуска, торможения противотключением, динамического торможения, реверса вхолостую и под нагрузкой.

Пути энергосбережения в электроприводе: «правильный» выбор двигателя, применение специальных энергосберегающих двигателей, применение специальных технических средств в нерегулируемом электроприводе, переход к регулируемому электроприводе, энергетическая оптимизация регулируемого привода.

Энергетическая эффективность регулируемого электропривода в установившихся и переходных режимах.

7. Тепловые режимы и выбор мощности электродвигателей – 4 часа.

Критерии выбора мощности электродвигателя: по условиям нагрева, перегрузочной способности, условиям пуска. Нагрузочные диаграммы механизмов и электропривода.

Структура процесса преобразования энергии в электрической машины в различных режимах работы.

Ограничение температуры обмоток двигателя. Классы изоляции обмоток.

Простейшая одноступенчатая тепловая модель двигателя. Вывод дифференциального уравнения. Коэффициент передачи и постоянная времени нагрева машины, их зависимость от габарита двигателя. Общий вид переходного процесса нагрева.

Метод средних потерь. Формулировка, обоснование.

Номинальные режимы работы электропривода S1 – S3.

Длительный режим работы S1. Определение. Методы проверки мощности выбранного электродвигателя по нагреву для двигательного режима с переменной нагрузкой (метод эквивалентных тока, момента и мощности).

Кратковременный режим S2. Определение. Особенности двигателей режима S2.

Повторно-кратковременный режим S3. Определение. Понятие продолжительности включения. Выбор мощности двигателя при повторно-кратковременных режимах работы.

Учет ухудшения теплоотдачи в двигателях с независимой вентиляцией. Коэффициент ухудшения теплоотдачи. Уравнение метода средних потерь при пере-

менной теплоотдаче.

Дополнительные режимы работы двигателей S4 – S8. Определения.

Понятие о допустимой частоте включения двигателя. Вывод выражения для допустимой частоты включения. Анализ выражения и определение зависимости допустимой частоты от параметров цикла и двигателя. Способы повышения допустимой частоты включения.

8 семестр. Электропривод общепромышленных механизмов – 30 часов

8. Переходные процессы в электроприводах – 6 часов.

Определение переходных процессов. Уравнения динамики электроприводов постоянного тока, асинхронных и синхронных электроприводов. Параметры, влияющие на переходные процессы. Электромеханическая и электромагнитная постоянные времени. Определение времени разгона и торможения электропривода при неизменном динамическом моменте. Потери энергии в переходных процессах.

2.10. Пускозащитная аппаратура электроприводов – 4 часа.

Магнитные пускатели. Схемы пуска асинхронного двигателя: нереверсивная, реверсивная, с динамическим торможением, двухскоростная.

Твердотельная пусковая аппаратура. Устройство встроенной тепловой защиты электродвигателей (УВТЗ). Фазочувствительное устройство защиты (ФУЗ). Защита от обрыва фазы. Устройства контроля сопротивления изоляции.

2.11. Способы и аппаратура для регулирования частоты вращения двигателей постоянного тока независимого, параллельного возбуждения – 2 часа.

Тиристорные управляемые выпрямители. Способы управления тиристорами: амплитудный, фазоимпульсный, при переходе синусоиды через ноль.

2.10. Способы и аппаратура для регулирования частоты вращения асинхронных и синхронных двигателей. Вентильный привод. – 4 часа.

Современные преобразователи частоты. Их структура, построение, подключение и эксплуатация.

2.11. Регулирование частоты вращения асинхронных электродвигателей с фазным ротором. – 2 часа.

Конструктивное исполнение двигателей с фазным ротором. Реостатная аппаратура. Ступенчатый пуск двигателя с фазным ротором: в функции времени, в функции скорости.

2.12. Электрооборудование кранов и подъемников – 4 часа.

Общие сведения о подъемно-транспортных машинах прерывистого действия. Типовые схемы приводов кранов. Типовые схемы привода лифта. Точная остановка механизмов. Тормозные устройства и способы их подключения. Привод быстроходных лифтов. Особенности электроснабжения кранов – 2 часа.

2.13. Электрооборудование машин непрерывного действия – 4 часа.

Назначение и классификация машин непрерывного действия. Статические нагрузки конвейеров. Определение мощности двигателей и места их установки. Допустимые ускорения. Диапазон регулирования скорости и способы их осуществления. Многодвигательный электропривод конвейеров и распределение нагрузки между электродвигателями. Особенности запуска и остановки многосекционных ленточных конвейеров. Типовые схемы управления ими. Конвейеры с согласованным движением. Требования к электроприводу этих конвейеров. Схемы группового электропривода для обеспечения согласованного движения конвейеров. Особенности электроснабжения механизмов непрерывного транспорта.

2.14. Электрооборудование насосов и воздуходувных машин – 4 часа.

Назначение и конструкция насосов, воздуходувных машин, их технические характеристики. Статические нагрузки и определение мощности двигателей. Требования, предъявляемые к электроприводам. Мощность и типы применяемых двигателей. Энергетические показатели различных способов регулирования производительности насосов и воздуходувных машин. Типовые схемы управления электроприводами.

Федеральное агентство по образованию Российской Федерации
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Энергетический факультет

Р.Д. Редозубов

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИВОД
ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ**

Благовещенск

2007

ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ (16 часов)

Лабораторные работы предусмотрены в 7 семестре. Выполнение лабораторных работ подразумевает непосредственное использование лабораторного оборудования (лабораторных стендов), основной и специальной (к изучаемому оборудованию) поставляемой разработчиками и производителями литературы:

Темы лабораторных работ:

1. Изучение нереверсивного пуска и останова асинхронного электродвигателя – 2 часа.

Пуск асинхронного двигателя посредством магнитного пускателя. Изучение бесконтактной коммутирующей аппаратуры (ПБР-2М, ПБР-3А). Назначение, особенности применения. Организация управления.

2. Изучение устройства встроенной тепловой защиты (УВТЗ) асинхронных электродвигателей – 2 часа.

Термисторы, их характеристики и соответствие классам изоляции. Внутренняя схема и подключение встроенной тепловой защиты типа УВТЗ-4М.

3. Изучение устройства фазочувствительной защиты (ФУЗ) асинхронных электродвигателей – 2 часа.

4. Изучение установки комплектного электропривода ЭТ1Е2 - 2 час.

5. Изучение частотно-управляемого электропривода на базе асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором и преобразователя частоты SJ-100 – 4 час.

6. Снятие механических и электромеханических характеристик асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором при его питании

непосредственно от сети и от преобразователя частоты SJ-100 – 4 час.

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ – 8 ч.

2.1. Изучение бесконтактной коммутирующей аппаратуры (ПБР-2М, ПБР-3А). Назначение, особенности применения. Организация управления с пассивными и активными дискретными выходами контроллера. – 2 ч.

2.2. Изучение электрических исполнительных механизмов типа МЭО, МЭМ, МЭП, их дополнительных устройств (на примере БСПТ-10). Подключение, организация рабочего хода, обратной связи по положению. – 4 ч.

2.3. Изучение электрических исполнительных механизмов переменной скорости на примере центробежного вентилятора с частотно-управляемым асинхронным электроприводом. Подключение, программирование и настройка различных режимов работы электропривода (переменной регулируемой скорости) центробежного вентилятора на основе асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором и преобразователя частоты серии SJ-100 «Hitachi». Сравнение дросселирования и дозирования с энергетической точки зрения (затрат электроэнергии) – 2 ч.

Федеральное агентство по образованию Российской Федерации

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Энергетический факультет

Р.Д. Редозубов

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИВОД
ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ И ЭКЗАМЕНУ**

Благовещенск

2007

1. ЗАЧЕТ

1. Общие положения.

Для получения зачета необходимым и достаточным является выполнение студентом следующих требований:

- выполнены, сданы и защищены лабораторные работы;
- даны ответы на 2 вопроса по теоретическому курсу. Ответы должны демонстрировать понимание материала.

Студент, не выполнивший две и меньше лабораторные, работы допускается к получению зачета, при этом ему задаются дополнительные вопросы по теме незащищенных лабораторных работ. В случае необходимости преподаватель вправе задавать дополнительные вопросы по теме работы и ее результатам.

Студент, не выполнивший и не защитивший более двух лабораторных работ, к получению зачета не допускается.

2. Вопросы к зачету:

28. Понятие электропривода. Общая характеристика и принцип построения электропривода.

29. Характеристика электропривода, как основного средства электрификации и автоматизации производственных процессов и как основной нагрузки в системах электроснабжения.

30. Классификация электроприводов.

31. Основы механики. Структура механической части электропривода. Уравнение движения элементов механической части. Приведение моментов и сил сопротивления, масс и моментов инерции к одному элементу.

32. Обзор, классификация и характеристики типовых общепромышленных механизмов.

33. Формула моментов сопротивлений и ее степени для различных механизмов: подъемных, центробежных, мельничных.

34. Механические характеристики ДПТ.
35. Механические характеристики асинхронных двигателей. Формула Клосса.
36. Механическая и угловая характеристики синхронного двигателя.
37. Регулирование реактивной мощности синхронного двигателя.
38. Типовые системы электропривода и их характеристики.
39. Особенности конструкций и технических характеристик электродвигателей, применяемых в типовых промышленных установках: кранах, лифтах и т.д.
40. Методы выбора типа и расчет мощности электродвигателей типовых электроприводов.
41. Критерий выбора мощности электродвигателя по условиям нагрева.
42. Критерий выбора мощности электродвигателя по перегрузочной способности.
43. Критерий выбора мощности электродвигателя по условиям пуска.
44. Режимы работы электропривода: длительный, кратковременный, повторно-кратковременные.
45. Методы проверки мощности выбранного электродвигателя по нагреву для двигательного режима с переменной нагрузкой (метод эквивалентных величин).
46. Выбор мощности двигателя при повторно-кратковременных режимах работы.
47. Типовые системы электропривода постоянного и переменного тока. Их структура и характеристик.
48. Структурные и принципиальные схемы управления асинхронными двигателями. постоянного тока и синхронными двигателями.
49. Структурные и принципиальные схемы управления двигателями постоянного тока.
50. Структурные и принципиальные схемы управления синхронными двигателями

51. Методика проверки возможности запуска асинхронного двигателя при заданном источнике питания.

52. Нагрев и охлаждение электродвигателей.

53. Методы пересчета электродвигателей режима S1 на другие режимы.

54. Выбор питающей, пусковой и защитной аппаратуры электроприводов.

2. ЭКЗАМЕН

2.1 Общие положения

По курсу предусмотрен экзамен в 8 семестре.

Для допуска к экзамену достаточными основаниями являются выполнение и сдача всех лабораторных работ, а так же успешное получение зачета в 7 семестре. В порядке исключения к экзамену может также быть допущен студент, не выполнивший одну или две работы.

Студент, не сдавший одной или двух работ и допущенный к экзамену в порядке исключения, отвечает также дополнительные вопросы по теме этих работ. Для подготовки ответа студенту отводится 40 мин. Для получения удовлетворительной оценки достаточно показать знание основных понятий по теме вопросов. Оценка «хорошо» выставляется студенту, правильно решившему задачу и показавшему способность экономического, математического, технического и др. обоснований применяемых решений. Оценка «отлично» выставляется, если, кроме того, студент правильно ответил на дополнительные вопросы по темам, смежным с темами основных вопросов. При этом неправильные ответы на дополнительные вопросы могут служить основанием для снижения оценки до «удовлетворительно», если эти ответы свидетельствуют о слабом понимании материала.

Экзамен предусматривает ответы на два теоретических вопроса.

2.2. Вопросы к экзамену:

28. Назначение и принцип действия устройства встроенной тепловой за-

щиты электродвигателя (УВТЗ).

29. Назначение и принцип действия фазочувствительного устройства защиты (ФУЗ).

30. Назначение и принцип действия защиты от обрыва фазы.

31. Устройства контроля сопротивления изоляции.

32. Основные показатели регулирования частоты электропривода.

33. Способы и аппаратура для регулирования частоты вращения двигателей постоянного тока.

34. Способы и аппаратура для регулирования частоты вращения асинхронных двигателей.

35. Особенности частотного управления синхронным двигателем.

36. Уравнения динамики электропривода постоянного тока.

37. Уравнения динамики асинхронного электропривода.

38. Понятие об электромеханической и электромагнитной постоянной времени (на примере электропривода постоянного тока).

39. Определение времени разгона и торможения электропривода при неизменном динамическом моменте.

40. Потери энергии в переходных процессах.

41. Основные требования к электроприводам подъемно-транспортных машин прерывистого действия.

42. Устройства точной остановки механизмов.

43. Типовые схемы приводов кранов.

44. Типовые схемы привода тихоходных и быстроходных лифтов.

45. Особенности электроснабжения кранов.

46. Назначение и классификация машин непрерывного действия.

47. Основные требования, предъявляемые к электроприводам конвейеров.

48. Особенности многодвигательного электропривода конвейеров. Распределение нагрузки между электродвигателями.

49. Типовые схемы управления многодвигательным электроприводом конвейеров.

50. Основные требования к электроприводу конвейеров с согласованным движением. Схемы группового управления.

51. Назначение и конструкция основных типов насосов и воздухоудувных машин, их технические характеристики.

52. Порядок определения мощности двигателей насосов и воздухоудувных машин.

53. Способы регулирования производительности насосов и воздухоудувных машин и их энергетические показатели.

54. Типовые схемы управления электроприводами насосов и воздухоудувных машин