

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический
университет»

РАЗРАБОТКА УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА
ДИСЦИПЛИНЫ
«СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ»

Выпускная квалификационная работа бакалавра
по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение
(по отраслям)

Идентификационный код ВКР: 148

Екатеринбург 2016

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический
университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра электрооборудования и энергоснабжения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующая кафедрой ЭС
_____ А.О. Прокубовская
« _____ » _____ 2016 г.

РАЗРАБОТКА УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА
ДИСЦИПЛИНЫ
«СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ»

Выпускная квалификационная работа бакалавра
по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение
(по отраслям)
профиля подготовки «Энергетика»
профилизации «Электропривод и автоматика»

Идентификационный код ВКР: 148

Исполнитель:
студент группы ЭП- 401

А.П. Федоров

Руководитель:
доцент

А.А. Емельянов

Нормоконтролер:
ст. преподаватель

Н.В. Шайхадарова

Екатеринбург 2016

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 54 страницах, содержит 7 таблиц, 21 источник литературы, а также 4 приложения на 4 страницах.

Ключевые слова: УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС, ЭЛЕКТРОПРИВОД, АВТОМАТИКА, СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ, ЧАСТОТНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ.

Объектом исследования является процесс обучения в РГППУ по дисциплине «Системы управления электроприводов».

Предметом исследования является разработка учебно-методического комплекса дисциплины «Системы управления электроприводов».

Цель работы: анализ теоретико-методических основ и разработка учебно-методического комплекса по дисциплине «Системы управления электроприводов».

Задачи работы:

- собрать и обработать информацию по дисциплине.
- провести анализ учебной литературы.
- разработать структуру дисциплины.
- разработать изучаемые темы и курс лекций;
- разработать лабораторные работы.
- разработать курсовой проект.
- разработать формы контроля.
- разработать перечень вопросов, выносимых на зачет или экзамен.

В процессе работы проведен анализ современной литературы по данной тематике и предложен, разработанный с помощью этой литературы, учебно-методический комплекс.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ РАЗРАБОТАННОГО УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДИСЦИПЛИНЫ.....	9
1.1. Нормативные документы, использовавшиеся в разработке учебно-методического комплекса	9
1.2. Цель и задачи освоения дисциплины	9
1.3. Квалификационные требования к результатам освоения дисциплины	10
1.4. Образовательные технологии.....	16
1.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины ..	17
1.5.1. Основная литература	17
1.5.2. Дополнительная литература	17
1.5.3. Электронно-образовательные ресурсы	19
1.5.4. Программное обеспечение.....	19
1.6. Материально-техническое обеспечение дисциплины	19
1.7. Структура и содержание учебной дисциплины	19
1.7.1. Лекционное обеспечение дисциплины.....	20
1.7.2. Практические и лабораторные работы	24
1.7.3. Самостоятельная работа.....	26
1.8. Оценочные средства для текущего контроля над успеваемостью и аттестации по итогам освоения дисциплины.....	31
1.8.1. Текущий контроль	32
1.8.2. Итоговая аттестация	33
1.9. Курсовой проект	34

1.10. Контрольная работа.....	34
2. АНАЛИЗ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕМЕ «СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ».....	35
2.1. Критерии анализа.....	35
2.2. Анализ учебных пособий и учебников.....	40
3. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	48
3.1. Техническое описание разрабатываемого мероприятия	48
3.2. Экономический расчет	49
3.2.1. Расчет себестоимости разработки методики	49
3.3. Заключение экономической части	52
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	53
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	55
ПРИЛОЖЕНИЕ А	57
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	58
ПРИЛОЖЕНИЕ В	59
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	60

ВВЕДЕНИЕ

Развивающемуся обществу всегда были нужны квалифицированные и опытные специалисты, с хорошим знанием своей специальности, и готовые сразу после окончания учебы приступить к профессиональной деятельности.

В данной связи всегда имела место потребность в педагоге, способном создать необходимые условия для подготовки выпускника, удовлетворяющего высоким требованиям, которые к нему предъявляет современное общество и сама жизнь и соответственно качественному учебно-методическому материалу, который является необходимым для подготовки. Для этого педагог должен владеть умениями научно-исследовательской и научно-методической работы, обеспечивающими создание качественного учебно-методического обеспечения, организацию познавательной деятельности учащихся, владение приемами научно обоснованной организации умственного труда. Поэтому особую актуальность и значимость в системе среднего профессионального образования приобрела проблема средств и методов обучения способствующих, прежде всего профессиональному развитию студента.

Для современной ситуации сложившейся в сфере профессионального обучения характерно развитие процессов, которые негативно сказываются на состоянии качества образования: резко сокращается выпуск научно-методической и дидактической литературы, а большая часть учебно-методической литературы, которая используется в обучении, уже не актуальна, и не соответствует современным требованиям.

Педагогическая наука и практика убедительно доказывают, что качество образовательного процесса существенно повышается, если его научно-методическое обеспечение качественно прорабатывается, и находится на высоком уровне.

Разработка и использование учебно-методических комплексов в учебном процессе направлено на повышение эффективности обучения. Это

способствует внедрению прогрессивных форм, методов и средств обучения, оптимизации учебного процесса на основе комплексного, системного, целостного подхода к каждому компоненту учебного процесса, к любому виду деятельности преподавателя и учащихся (например, позволяет преподавателю заранее придумать разного рода упражнения, которые добавляют учащимся интерес к предмету, и в то же время – необходимые знания). Все это способствует развитию учебной активности учащегося, чтобы уже, будучи молодым специалистом, он мог самостоятельно формулировать и решать проблемы производства и общества, был готов к дальнейшему самообразованию.

В связи с этим постоянный прогресс в сфере разработок учебно-методических материалов является очень важной задачей и имеет высокую степень актуальности.

В связи с изложенным выше материалом и была выбрана мною выпускная квалификационная работа, направленная на разработку учебно-методического комплекса по дисциплине «Системы управления электроприводов».

Изучение дисциплины "Системы управления электроприводами" базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин: «Физика», «Математика», «Теория автоматического управления», «Электрический привод», «Электрические и электронные аппараты», «Силовая электроника», «Электротехническое и конструкционное материаловедение», «Теоретическая и прикладная механика», «Основы слаботочной электроники».

Для успешного освоения дисциплины необходимо использовать физические представления и методы теории электропривода, общей теории автоматического управления, электрических машин, элементов систем автоматики, электрических и электронных аппаратов, промышленной электроники и преобразовательной техники.

Объектом работы является процесс обучения в РГППУ по дисциплине «Системы управления электроприводов».

Предметом работы является разработка учебно-методического комплекса дисциплины «Системы управления электроприводов», включающего в себя, как и лекционное обеспечение темы, так и лабораторные занятия, самостоятельную работу, контрольно-оценочные средства, написание курсовой работы и контрольные вопросы для сдачи зачета или экзамена.

Целью данной исследовательской работы является: анализ теоретико-методических основ и разработка учебно-методического комплекса по дисциплине «Системы управления электроприводов».

Задачи работы:

- собрать и обработать информацию по дисциплине.
- провести анализ учебной литературы.
- разработать структуру дисциплины.
- разработать изучаемые темы и курс лекций;
- разработать лабораторные работы.
- разработать курсовой проект.
- разработать формы контроля.
- разработать перечень вопросов, выносимых на зачет или экзамен.

1. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ РАЗРАБОТАННОГО УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Нормативные документы, использовавшиеся в разработке учебно-методического комплекса

Нормативную правовую базу разработки УМКД составляют:

- Основная образовательная программа высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (уровень бакалавриата) ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет»;
- Федеральный закон Российской Федерации от 29 декабря 2012 г. №273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Приказ от 19 декабря 2013 г. №1367 «Об утверждении порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры»;
- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (уровень бакалавриата), утвержденным приказом Министра образования и науки Российской Федерации от 03.09.2015 №955;
- Государственная программа Российской Федерации «Развитие образования» на 2013–2020 годы, утвержденная Постановлением Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. №295.

1.2. Цель и задачи освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является подготовка обучающихся к производственно-технологической деятельности по направлению подготовки

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС, в части представленных ниже знаний, умений и навыков.

В ходе достижения поставленной цели решаются следующие частные задачи: упорядочение полученных ранее знаний; ликвидация пробелов в знаниях по специальности; подготовка к дипломному проектированию.

Задачами дисциплины является изучение понятийного аппарата дисциплины, основных теоретических положений и методов, развитие навыков применения теоретических знаний для решения практических задач по следующим темам:

- сущность инженерного проектирования;
- основные принципы системного проектирования электроприводов;
- формирование технического задания на разрабатываемую продукцию;
- основы инженерного анализа альтернативных вариантов электропривода;
- выбор принципиальных решений при построении системы электропривода;
- документальное оформление результатов проектирования;
- основы построения СУЭП.

1.3. Квалификационные требования к результатам освоения дисциплины

Выпускник должен уметь решать задачи, соответствующие квалификации инженера по специальности 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (уровень бакалавриата). Подготовка выпускника должна обеспечивать квалификационные умения для решения профессиональных задач:

- разработки и оптимизации дискретных, непрерывных и цифровых систем автоматического управления динамическими объектами, включающими электрические, электромеханические, механические и информационные преобразователи и устройства, предназначенными для преобразования электрической энергии в механическую и наоборот;
- анализа и синтеза алгоритмов управления регулируемые, позиционными и следящими электроприводами;
- взаимодействия со специалистами смежного профиля при разработке математических моделей объектов и процессов управляемого электромеханического преобразования энергии, алгоритмического и программного обеспечения систем электропривода.

После изучения дисциплины студент будет:

Иметь представление:

1. О множестве задач автоматического управления электроприводами и методах их решения в зависимости от особенностей объекта электропривода.
2. О методах анализа, синтеза и оптимизации систем автоматического управления электроприводами.
3. О современных проблемах теории автоматического управления электроприводами и новых видах электроприводов и систем управления.

Знать:

1. Основные виды систем электропривода постоянного и переменного тока, их особенности и технические возможности.
2. Основные элементы и устройства систем автоматизированного электропривода и принципы их расчета.
3. Методы анализа и синтеза алгоритмов управления типовых систем электропривода, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов автоматизированного электропривода
4. Методы разработки обобщенных вариантов решения задач электропривода, анализа вариантов, прогнозирование последствий,

отыскание компромиссных решений в условиях многокритериальности, неопределенности.

5. Методы экспериментального исследования, правила и условия выполнения работ.

6. Методы проведения технических расчетов и определения технико-экономической эффективности разработок.

7. Принципы работы, технические характеристики, конструктивные особенности разрабатываемых и используемых технических средств, их свойства.

8. Достижения науки и техники, передовой и зарубежный опыт в области автоматического управления электроприводами.

9. Аналитические и численные методы для анализа математических моделей электромеханических систем с использованием компьютерной техники.

Уметь:

1. Использовать полученные в процессе изучения дисциплины знания при выборе типа электропривода, силового преобразователя электрической энергии и т.п.

2. Рассчитывать регуляторы типовых структур систем управления электроприводами и выбирать элементы силовой электроники.

Иметь опыт:

1. Расчета типовых структур систем управления электроприводами и устройств силовой электроники.

2. Моделирования систем и процессов автоматического управления электроприводами.

Владеть:

1. Современными методами анализа и синтеза систем автоматизированного электропривода, в том числе – с использованием компьютерной техники.

2. Методами математического моделирования систем управления электроприводами.

3. Методами расчета устройств, применяемых в системах управления электроприводами.

4. Методами экспериментальных исследований и проведения стандартных испытаний по определению основных показателей систем управления электроприводами.

В результате освоения дисциплины, у обучающегося должны сформироваться компетенции, представленные в таблице 1.

Таблица 1 - Компетенции студента

Способность участвовать в планировании, подготовке выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике (ПК-1)	
Знать:	
Уровень 1	Конструкцию различных типов систем управления электроприводов
Уровень 2	Теорию электромагнитных процессов в системах управления электроприводов
Уровень 3	Принципы проектирования систем управления электропривода
Уметь:	
Уровень 1	Рассчитывать основные характеристики систем управления электроприводов
Уровень 2	Рассчитывать основные размеры, потери и перегревы систем управления электроприводов
Уровень 3	Проектировать системы управления электроприводов
Владеть:	
Уровень 1	Методами выбора с учетом конструктивных особенностей различных систем управления электроприводов применительно к различным электротехническим системам
Уровень 2	Особенностями расчета электромеханической части электропривода и системы управления
Уровень 3	Навыками проектирования систем управления электропривода

Продолжение таблицы 1

Способность обрабатывать результаты экспериментов (ПК-2)	
Знать:	
Уровень 1	Принципы работы разрабатываемых систем управления электрических приводов
Уровень 2	Технические характеристики разрабатываемых систем управления электрических приводов
Уровень 3	Конструктивные особенности разрабатываемых систем управления электрических приводов
Уметь:	
Уровень 1	Правильно поставить техническую задачу
Уровень 2	Проанализировать полученные результаты
Уровень 3	Уметь сформировать отчет и подготовить публикацию
Владеть:	
Уровень 1	Навыками чтения, составления и практической реализацией схем систем управления электропривода
Уровень 2	Методикой анализа полученных результатов
Уровень 3	Способами формирования отчета в виде публикации
Способность принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования (ПК-3)	
Знать:	
Уровень 1	Способы преобразования энергий в системах управления машин постоянного тока
Уровень 2	Способы преобразования энергий в системах управления машин постоянного и переменного тока
Уровень 3	Способы преобразования энергий в системах управления машин постоянного, переменного тока и трансформаторах
Уметь:	

Продолжение таблицы 1

Уровень 1	Рассчитать параметры системы управления машины постоянного тока
Уровень 2	Рассчитать параметры системы управления машины постоянного тока и рабочие характеристики асинхронного двигателя
Уровень 3	Рассчитать параметры системы управления машины постоянного тока, рабочие характеристики асинхронного двигателя и энергетические показатели трансформатора
Владеть:	
Уровень 1	Методикой расчета систем управления электрических приводов
Уровень 2	Владеть методом расчета систем управления машинами постоянного тока и рабочих характеристик асинхронного двигателя
Уровень 3	Методом выбора и сравнительного анализа энергетических показателей электрических машин и систем управления к ним для различных технологических процессов
Готовность определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности (ПК-5)	
Знать:	
Уровень 1	Принципы расчета режимов работы систем управления электропривода
Уровень 2	Методы расчета работы систем управления электропривода
Уровень 3	Принципы определения состава оборудования и параметров систем управления электропривода
Уметь:	
Уровень 1	Рассчитывать различные режимы работы систем управления электропривода
Уровень 2	Определять состав оборудования, входящего в системы управления электропривода
Уровень 3	Определять параметры и рассчитывать схемы систем управления электропривода
Владеть:	
Уровень 1	Методами расчета различных режимов работы систем управления электропривода
Уровень 2	Методами определения состава оборудования систем управления электропривода

Окончание таблицы 1

Уровень 3	Методикой определения параметров и расчета схем систем управления электропривода
Способность рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности(ПК-6)	
Знать:	
Уровень 1	Принципы расчета режимов работы систем управления электропривода
Уровень 2	Методы расчета работы систем управления электропривода
Уровень 3	Принципы определения состава оборудования и параметров систем управления электропривода
Уметь:	
Уровень 1	Рассчитывать различные режимы работы систем управления электропривода
Уровень 2	Определять состав оборудования, входящего в системы управления электропривода
Уровень 3	Определять параметры и рассчитывать схемы систем управления электропривода
Владеть:	
Уровень 1	Методами расчета различных режимов работы систем управления электропривода
Уровень 2	Методами определения состава оборудования систем управления электропривода
Уровень 3	Методикой определения параметров и расчета схем систем управления электропривода

1.4. Образовательные технологии

Учебный процесс по рабочей программе дисциплины «Системы управления электроприводов» проводится с использованием традиционных форм обучения: лекций, семинаров, практических и лабораторных занятий, коллоквиумов, работы с профессиональными базами данных и

информационными справочными системами, в библиотеках и электронно-библиотечных системах, сети Интернет и т. п.

Лекционные занятия по дисциплине проводятся в аудиториях, оснащенных современными мультимедийными устройствами, позволяющими использовать видео – компьютерные материалы.

Кроме того, в образовательном процессе применяются дистанционные, активные и интерактивные технологии обучения, творческие конкурсы, методы развивающей кооперации, проектный метод, тесты действия и др.

В ходе выполнения и оформления отчетов по расчетным и лабораторным работам обучающийся имеет возможность воспользоваться компьютерными классами кафедры «Электрооборудования и электроснабжения».

1.5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

1.5.1. Основная литература

1. Терехов В. М. Системы управления электроприводов: учеб. для студ. Вузов / В. М. Терехов, О. И. Осипов. - М.: Академия, 2005. - 304 с.

2. Усынин Ю. С. Системы управления электроприводов: учеб. пособие. - 2-е изд., перераб. и доп. - Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. - 328 с.

1.5.2. Дополнительная литература

1. Чиликин М. Г. Общий курс электропривода: учеб. для вузов. - 6-е изд., перераб. и доп. / М. Г. Чиликин, А. С. Сандлер. - М.: Энергоиздат, 1981. – 576с.

2. Терехов В. М. Элементы автоматизированного электропривода: учеб. Для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 224 с.

3. Ключев В. И. Теория электропривода: учеб. для вузов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 2001. - 704 с.
4. Москаленко В. В. Автоматизированный электропривод. –М.: Энергоатомиздат, 1986. - 416 с.
5. Усольцев А. А. Векторное управление асинхронными двигателями: учеб. пособие. - СПб: СПбГИТМО (ТУ), 2002. - 43 с.
6. Панкратов В. В. Векторное управление асинхронными электроприводами: учеб. пособие. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1999. - 66 с.
7. Козярук А. Е. Современное и перспективное алгоритмическое обеспечение частотно-регулируемых электроприводов / А. Е. Козярук, В. В. Рудаков. - СПб: Санкт-Петербургская Электротехническая компания, 2004. - 127 с.
8. Соколовский Г. Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: учеб. для вузов. - М.: Академия, 2006. - 272 с.
9. Иванов В. М. Электроприводы с системами числового программного управления: учеб. пособие. - Ульяновск: Изд-во УлГТУ, 2006. - 152 с.
10. Башарин А. В. Управление электроприводами / А. В. Башарин, В. А.Новиков, Г. Г. Соколовский. - Л.: Энергоиздат, 1982. - 392 с.
11. Эйкхофф П. Основы идентификации систем управления. Оценивание параметров и состояния / П. Эйкхофф; пер. с англ. В. А. Лотоцкого, А. С. Манделя. - М.: Мир, 1975. - 687 с.
12. Методы классической и современной теории автоматического управления: учебник: в 5-и Т. - 2-е изд., перераб. и доп. Т. 5: Методы современной теории автоматического управления / под ред. К. А. Пупкова, Н. Д.Егупова. - М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. - 784 с.
13. Терехов В. М. Непрерывные и цифровые системы управления скоростью и положением электроприводов. - М.: Изд-во МЭИ, 1972. - 768 с.

1.5.3. Электронно-образовательные ресурсы

1. www.edu.ru Федеральный портал «Российское образование».
2. www.asu30.ru Электронный ресурс «Электротехника, Электроника и Автоматика».

1.5.4. Программное обеспечение

1. MicrosoftOffice.
2. MATLAB – Simulink.
3. Electronic Workbench.
4. AutoCAD.
5. MathCAD.

1.6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лабораторные занятия проводятся в учебных лабораториях, которые оборудованы универсальными лабораторными стендами. Каждый лабораторный стенд имеет набор электрических машин: трансформатор, асинхронный двигатель, синхронный генератор, машины постоянного тока. Универсальность лабораторного стенда позволяет проводить лабораторные занятия фронтальным методом, т. е. все студенты выполняют одну лабораторную работу на электрических машинах различной мощности.

Практическая часть дисциплины сопровождается проведением занятий в этой же аудитории с улучшенным эстетическим оформлением, включая цветы, портреты выдающихся инженеров и ученых и т. п.

1.7. Структура и содержание учебной дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины «Системы управления электроприводов» составляет 6,5 зачетных единиц.

Всего на изучение дисциплины отводится 234 часа. Более точно объем дисциплины указан в таблице 2 и приложении А.

Таблица 2 – Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Часов на изучение		
	Очная форма	Заочная форма	Дистантная форма
Аудиторные занятия	120	26	22
Лекции	60	10	2
Практические занятия	30	4	4
Лабораторные работы	30	4	12
Самостоятельная работа	114	208	212
Изучение теоретического материала	70	150	150
Курсовая работа	30	30	30
Домашняя работа	11	38	42
Подготовка к экзамену	3	3	3
Контрольная работа	2	2	2
Всего часов (зачетных единиц).	234 (6,5)	234 (6,5)	234 (6,5)

1.7.1. Лекционное обеспечение дисциплины

Лекции предполагают систематическое, последовательное изложение учебного материала, на основании которого студентом составляется конспект лекций.

Список тем лекционных занятий, входящих в курс дисциплины «Системы управления электроприводов» и тематическое планирование представлены в таблице 3 и приложении Б.

Таблица 3 – Перечень тем лекционных занятий дисциплины

Наименование тем лекций	Часов на изучение
1. Общие сведения о системах управления электроприводов	4
2. Разомкнутые системы управления электроприводов	5
3. Замкнутые системы управления электроприводов постоянного тока	5
4. Замкнутые системы управления электроприводов на базе асинхронного двигателя часть первая.	8
5. Замкнутые системы управления электроприводов на базе асинхронного двигателя часть вторая.	8
6. Бездатчиковые системы управления электроприводов и диагностика электроприводов	5
7. Замкнутые системы управления электроприводов на базе синхронного двигателя	8
8. Системы управления электроприводов специального назначения	7
9. Интеллектуальные системы управления электроприводов	5
10. Цифровые системы управления электроприводов	5

Тема №1. Общие сведения о системах управления электроприводов.

Повторение основных вопросы дисциплин "Теория электропривода" и "Теория автоматического управления". Отработка навыков технически грамотного описывания процессов, протекающих в электроприводе.

Разбор основных понятий и терминов современных систем управления автоматизированного электропривода. Разбор условно-графических обозначений, применяемых в электроприводах.

Тема №2. Разомкнутые системы управления электроприводов.

Изучение особенностей применения релейно-контактной аппаратуры и бесконтактных логических устройств в системах управления электроприводов и определение целесообразных границ их применения.

Разбор методов составления и преобразования схем релейно-контакторных систем управления электроприводов с использованием математического аппарата Булевой алгебры; повторение известных из микропроцессорной техники законов алгебры логики и понятий полных логических систем.

Тема №3. Замкнутые системы управления электроприводов постоянного тока.

Усвоение теоретических основ и принципов замкнутого регулирования электроприводов постоянного тока и обучение выбору структуры систем управления электроприводов и настройки регуляторов.

Разбор отличий реальных систем от линейных моделей, описывающих двигатель постоянного тока, с помощью которых производится синтез систем управления электроприводов. Изучение влияния физической реализации на работу систем управления электроприводов. Обучение внесению необходимых корректировок в структуру систем управления электроприводов для снижения этого влияния.

Тема №4. Замкнутые системы управления электроприводов на базе асинхронного двигателя - первая часть.

Разбор особенностей асинхронного привода и способов его упрощенного представления. Изучение аналогии принципов построения систем управления асинхронных электроприводов и электроприводов постоянного тока.

Обучение применению методов подчиненного регулирования и модального управления для настройки регуляторов асинхронного электропривода.

Изучение специфики различных систем управления асинхронных электроприводов, а так же разбор критериев, на основании которых производится выбор между ними.

Тема №5. Замкнутые системы управления электроприводов на базе асинхронного двигателя - вторая часть.

Обучение применению методов подчиненного регулирования для систем полеориентированного управления с использованием типовых регуляторов. Разбор специфики различных систем полеориентированного управления асинхронным электроприводом и изучение критериев, на основании которых производится выбор между ними.

Тема №6. Бездатчиковые системы управления электроприводов и диагностика электроприводов.

Разбор особенностей использования бездатчиковых систем для диагностики и защиты. Изучение областей применения систем диагностики и роли идентификации в этих системах. Разбор с математического аппарата методов идентификации и практика применения его к моделям электродвигателей.

Разбор назначения и особенностей систем бездатчикового управления, изучение их достоинств и недостатков, а также способов реализации.

Обучение взаимному перекладыванию структуры наблюдающих устройств для бездатчиковых электроприводов, построенных на базе двигателей различных типов.

Тема №7. Замкнутые системы управления электроприводов на базе синхронного двигателя.

Разбор отличительных особенностей и областей применения синхронного электропривода. Изучение единства подходов, применяемых при частотном регулировании синхронных и асинхронных электроприводов.

Разбор устройства и характеристик вентильного двигателя и обучение сопоставлению его свойств и способов управления со свойствами двигателей постоянного тока.

Тема №8. Системы управления электроприводов специального назначения.

Разбор работы следящих систем, использующих принцип подчиненного регулирования и изучение теоретических основ переноса методов их настройки на позиционирующие системы. Составление

представления о воздействиях, которые оказывают наибольшее влияние на точность и быстродействие следящих и позиционирующих систем, а также запоминание методов, исключаящих это влияние.

Изучение особенностей взаимосвязанных систем электропривода и методик, применяемых для синтеза их систем управления.

Тема №9. Интеллектуальные системы управления электроприводов.

Изучение математических основ, принципов построения и отличительных особенностей регуляторов с нечеткой логикой. Обучение правильному формированию их структуры и выбора рациональных алгоритмов для входящих в их состав блоков исходя из предъявляемых требований к электроприводу.

Разбор основ работы и областей целесообразного применения адаптивных систем. Изучение основные отличия поисковых и беспоисковых адаптивных систем и основные этапов синтеза каждого из рассматриваемых адаптивных регуляторов.

Тема №10. Цифровые системы управления электроприводов.

Понимание качественной аналогии структуры цифровых СУЭП и непрерывных СУЭП. Изучение отличительных особенностей между этими системами.

Повтор и закрепление математического аппарата исследования цифровых систем автоматического управления и разбор особенностей элементной базы цифровых систем управления электроприводов, опираясь на знания микропроцессорной техники и преобразовательной техники электронного оборудования.

1.7.2. Практические и лабораторные работы

Лабораторный практикум необходим для закрепления основных понятий учебной дисциплины путем исследования типовых систем управления электроприводов на их компьютерных и физических моделях и

для приобретения навыков расчета, моделирования и исследования таких систем.

Перечень практических и лабораторных работ, входящих в курс «Системы управления электроприводов» а также тематическое планирование представлены в таблице 4 и приложении В.

Таблица 4 – Перечень тем лабораторных работ дисциплины

Наименование работ	Часов на изучение
1. Типовые узлы релейно-контакторных систем управления двигателями постоянного тока независимого возбуждения.	3
2. Типовые узлы релейно-контакторных систем управления двигателями переменного тока.	3
3. Характеристики регуляторов в системах электропривода.	3
4. Применение обратных связей для построения систем управления электроприводов постоянного тока.	3
5. Настройка регуляторов системы подчиненного регулирования.	3
6. Настройка модальных регуляторов.	3
7. Исследование способов скалярного частотного управления асинхронным двигателем.	3
8. Исследование способов векторного управления асинхронным двигателем.	3
9. Системы управления следящим электроприводом.	3
10. Синтез цифровых регуляторов.	3

1.7.3. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа необходима для постоянного изучения дисциплины в течение семестра, закрепления и углубления полученных знаний и навыков, подготовки к предстоящим занятиям, а также для формирования культуры умственного труда и самостоятельности в поиске и приобретении новых знаний и умений.

В процессе самостоятельной работы проводится чтение и анализ конспектов лекционных занятий, разбор теоретических вопросов по учебным материалам, подготовка к выполнению и защите лабораторных и практических работ, выполнение курсовой и контрольной работ, подготовка к зачету или экзамену.

Перечень видов самостоятельной работы, входящих в дисциплину «Системы управления электроприводов», а также тематическое планирование представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Самостоятельная работа

Наименование работ	Часов на изучение
Изучение теоретического материала по темам:	
1. Общие сведения о системах управления электроприводов	2
2. Разомкнутые системы управления электроприводов	2
3. Замкнутые системы управления электроприводов постоянного тока	2
4. Замкнутые системы управления электроприводов на базе асинхронного двигателя часть первая	3
5. Замкнутые системы управления электроприводов на базе асинхронного двигателя часть вторая	3
6. Бездатчиковые системы управления электроприводов и диагностика электроприводов	2

Окончание таблицы 5

7. Замкнутые системы управления электроприводов на базе синхронного двигателя	2
8. Системы управления электроприводов специального назначения	2
9. Интеллектуальные системы управления электроприводов	2
10. Цифровые системы управления электроприводов	2
Подготовка к выполнению лабораторных работ по темам:	
1. Типовые узлы релейно-контакторных систем управления двигателями постоянного тока независимого возбуждения.	4
2. Типовые узлы релейно-контакторных систем управления двигателями переменного тока.	4
3. Характеристики регуляторов в системах электропривода.	4
4. Применение обратных связей для построения систем управления электроприводов постоянного тока.	4
5. Настройка регуляторов системы подчиненного регулирования.	4
6. Настройка модальных регуляторов.	4
7. Исследование способов скалярного частотного управления асинхронным двигателем.	4
8. Исследование способов векторного управления асинхронным двигателем.	4
9. Системы управления следящим электроприводом.	4
10. Синтез цифровых регуляторов.	4

Самостоятельное изучение теоретических материалов предполагает чтение конспектов лекций и иных учебных материалов, а также выполнение следующих обязательных работ.

Тема №1. Общие сведения о системах управления электроприводов.

Повторение основных вопросов дисциплин "Теория электропривода" и "Теория автоматического управления". Отработка навыков технически-грамотного описывания процессов, протекающих в электроприводе.

Разбор основных понятий и терминов современных систем автоматизированного электропривода. Разбор условных графических обозначений, применяемых в электроприводе.

Тема №2. Разомкнутые системы управления электроприводов.

Изучение особенностей применения релейно-контактной аппаратуры и бесконтактных логических устройств в системах управления электроприводов и умение определения целесообразных границ их применения.

Разбор методов составления и преобразования схем релейно-контакторных СУЭП с использованием математического аппарата Булевой алгебры; Повтор известных из микропроцессорной техники законов алгебры логики и понятий полных логических системы.

Тема №3. Замкнутые системы управления электроприводов постоянного тока.

Усвоение теоретических основ и принципов замкнутого регулирования электроприводов постоянного тока и обучение выбору структуры СУЭП и настройки регуляторов.

Изучение отличий реальных систем от линейных моделей, описывающих двигатель постоянного тока, с помощью которых производится синтез СУЭП. Разбор влияния физической реализации на работу систем управления электроприводов. Обучение вводу необходимых корректировок в структуру СУЭП для снижения этого влияния.

Тема №4. Замкнутые системы управления электроприводов на базе асинхронного двигателя - первая часть.

Разбор особенностей асинхронного привода и способов его упрощенного представления. Понимание аналогии принципов построения

систем управления асинхронных электроприводов и электроприводов постоянного тока.

Обучение применению методов подчиненного регулирования и модального управления для настройки регуляторов асинхронного ЭП.

Изучение специфики различных систем управления асинхронным электроприводом и разбор критериев, на основании которых производится выбор между ними.

Тема №5. Замкнутые системы управления электроприводов на базе асинхронного двигателя - вторая часть.

Обучение применению методов подчиненного регулирования для систем полеориентированного управления с использованием типовых регуляторов. Изучение специфики различных систем полеориентированного управления асинхронным электроприводом и разбор критериев, на основании которых производится выбор между ними.

Тема №6. Бездатчиковые системы управления электроприводов и диагностика электроприводов.

Разбор особенностей использования бездатчиковых систем для диагностики и защиты. Обсуждение областей применения систем диагностики и роль идентификации в этих системах. Разбор математического аппарата, методов идентификации и применению его к моделям двигателей.

Разбор назначения и особенностей систем бездатчикового управления, изучение их достоинств и недостатков, а также способов реализации.

Обучение взаимному перекладыванию структуры наблюдающих устройств, для бездатчиковых электроприводов, построенных на базе двигателей различных типов.

Тема №7. Замкнутые системы управления электроприводов на базе синхронного двигателя.

Разбор отличительных особенностей и областей применения синхронного электропривода. Изучение единства подходов, применяемых при частотном регулировании синхронных и асинхронных электроприводов.

Разбор устройства и характеристик вентильного двигателя и обучение сопоставлению его свойств и способов управления со свойствами двигателей постоянного тока.

Тема №8. Системы управления электроприводов специального назначения.

Разбор работы следящих систем, использующих принцип подчиненного регулирования и понимание теоретических основ переноса методов их настройки на позиционирующие системы. Составление представления о том, какие воздействия оказывают наибольшее влияние на точность и быстродействие следящих и позиционирующих систем, и изучения методов, исключающих это влияние.

Изучение особенностей взаимосвязанных систем электропривода и разбор методики, применяемой для синтеза их систем управления.

Тема №9. Интеллектуальные системы управления электроприводов.

Изучение математических основ, принципов построения и отличительных особенностей регуляторов с нечеткой логикой. Обучение правильному формированию их структуры и выбору рациональных алгоритмов для входящих в их состав блоков исходя из предъявляемых требований к электроприводу.

Разбор основ работы и областей целесообразного применения адаптивных систем. Понимание основных отличий поисковых и беспоисковых адаптивных систем и изучение основных этапов синтеза каждого из рассматриваемых адаптивных регуляторов.

Тема №10. Цифровые системы управления электроприводов.

Изучение качественных аналогий структуры цифровых систем управления электроприводов и непрерывных СУЭП. Разбор отличительных особенностей между этими системами.

Повторение и закрепление математического аппарата исследования цифровых систем автоматического управления и разбор особенностей

элементной базы цифровых СУЭП, опираясь на знания микропроцессорной техники и преобразовательной техники.

1.8. Оценочные средства для текущего контроля над успеваемостью и аттестации по итогам освоения дисциплины

Составной частью при проектировании и реализации педагогического процесса по дисциплине является организация системы оценочных средств и контроля, основные функции которой связаны с определением соответствия исходного уровня знаний, умений, владений (входной контроль) студентов, результатов промежуточных этапов (включая текущий контроль) обучения и конечного результата (итоговая аттестация по дисциплине) заданной цели обучения. Контролем устанавливается степень подготовленности обучающегося к дальнейшей учебной и профессиональной деятельности.

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации бакалавров по дисциплине «Системы управления приво­дов» по направлению подготовки 13.03.02 Электротехника и электроэнергетика, профилю «Электропривод и автоматика» включают контрольные вопросы и типовые задания для:

- практических занятий;
- лабораторных и контрольных работ;
- экзамена;
- а так же контрольный срез по окончанию лекций.

По окончании обучения дисциплине обучающиеся должны будут составить курсовой проект по индивидуальной теме, предложенной преподавателем.

Так же для контроля над успеваемостью действует рейтинговая система контроля знаний студентов (РСК). Рейтинговая система основывается на интегральной оценке всех видов учебной деятельности студента, предусмотренных учебным планом дисциплины, в частности:

- присутствие на лекциях;
- выполнение лабораторных работ;
- выполнение практических работ;
- выполнение самостоятельных работ и домашних заданий.

1.8.1. Текущий контроль

Составление конспекта лекций проводится студентом самостоятельно на основании материала, изложенного на лекционном занятии, в объеме, достаточном для ответа на экзаменационные вопросы.

Домашние задания по лабораторным работам заключаются в самостоятельном выполнении с использованием знаний, полученных в ходе лабораторного занятия, основного объема лабораторного задания:

- по лабораторной работе 1 – расчет сопротивления пусковых и тормозных реостатов, уставок реле типовых узлов пуска и торможения;
- по лабораторной работе 2 – построение циклограмм пуска, торможения и аварийного режима работы релейно-контакторных систем управления асинхронным и синхронным электродвигателями;
- по лабораторной работе 3 – расчет коэффициентов обратных связей, компьютерное моделирование;
- по лабораторной работе 4 – настройка регуляторов, компьютерное моделирование;
- по лабораторной работе 5 – расчет системы подчиненного регулирования, определение корректировок, компьютерное моделирование;
- по лабораторной работе 6 – расчет коэффициентов модального регулятора, определение корректировок, компьютерное моделирование;
- по лабораторной работе 7 – определение настроек системы скалярного частотного управления;

Защита отчетов по лабораторным работам включает в себя устный опрос студента. При опросе преподаватель вправе задать любой вопрос,

касающийся материала лабораторной работы, при этом знание ответов на контрольные вопросы, приведенные в методических указаниях к работе, является обязательным. По результатам защиты отчетов студент получает оценку полученных знаний.

Устный опрос студента в ходе лабораторного занятия предусматривает выявление степени самостоятельности выполнения лабораторного задания и понимания механизмов его решения. По его результатам определяется уровень овладения студентом навыков.

Контрольный срез проводится в конце каждой лекции и состоит из вопросов, большая часть которых охватывают материал текущей лекции, а один – предыдущей лекции. На первой лекции контрольный срез включает вопросы по дисциплинам «Электрический привод» и «Теория автоматического управления».

Список примерных вопросов Контрольного среза представлен в электронном виде на CD-диске.

1.8.2. Итоговая аттестация

Экзамен проводится в комбинированной форме, включающей в себя письменный ответ на теоретические вопросы, практическое задание и собеседование.

Экзаменационный билет включает в себя два теоретических вопроса из списка и практическое задание, рассчитанное на выполнение в течении 30 минут и эквивалентное по сложности заданиям, рассмотренным при выполнении лабораторных работ. Во время выполнения практического задания проводится проверка письменных ответов, а по окончании работы студента над билетом проводится собеседование.

При работе над билетом студент вправе воспользоваться собственноручно составленным конспектом лекций и собственными отчетами по лабораторным работам.

Список примерных экзаменационных вопросов представлен в электронном виде на CD-диске.

1.9. Курсовой проект

Целью курсового проекта по дисциплине "Системы управления электроприводов" является закрепление материала теоретических разделов дисциплины, а также приобретение дополнительных навыков моделирования сложных динамических систем, и изучения отечественной и зарубежной научно-технической информации. Курсовая работа включает в себя выполнение двух равнозначных по своей сложности задач.

Каждое задание предусматривает анализ предложенного электропривода, синтез системы его управления на основе предъявленных требований и исследование качества переходных процессов.

Задания для курсового проекта представлены в электронном виде на CD-диске.

1.10. Контрольная работа

Целью контрольной работы является закрепление материала теоретических разделов дисциплины, а также приобретение обзорной информации о текущем состоянии развития автоматизированного асинхронного электропривода.

Данная контрольная работа носит реферативно-расчетный характер. Работа предполагает проведение литературного обзора и патентного поиска в области систем векторного управления асинхронными электродвигателями, их сравнительный анализ и синтез регуляторов для системы управления, которая по результатам анализа будет обладать наилучшими показателями регулирования.

2. АНАЛИЗ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕМЕ «СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ»

2.1. Критерии анализа

Анализ литературы – изучение работ, опубликованных российскими и зарубежными авторами по теме планируемого исследования.

Назначение анализа, в первую очередь, заключается в описании того, что было сделано по изучаемой теме к моменту проведения исследования: сформированные концепции, подходы разных авторов, текущее состояние проблемы, а также спектр нерешенных задач в данной области знания. Анализ литературы проводится с целью обозначения узкого вопроса, выбранного для исследования. В анализе нужно обосновать необходимость проведения исследования, то есть показать, что изучение затрагиваемого в работе вопроса, с одной стороны, актуально и перспективно, а с другой, на практике, еще не проводилось или проводилось в недостаточном объеме.

Основные рекомендации по анализу литературы:

1. Первичный поиск литературы (библиографический поиск) по проблеме исследования.

1.1. Подбор литературы, логика и последовательность работы над ней определяются спецификой выбранной темы исследования. Эффективность работы исследователя напрямую зависит от количества и качества литературы.

1.2. При выборе литературы рекомендуется, в первую очередь, остановиться на каком-либо более обширном фундаментальном источнике, в котором рассматривается выбранная тема, и двигаться дальше в направлении от общего к частному – от базисных положений к более конкретным. Лучше обращаться к источникам, авторы которых обладают наибольшим научным авторитетом в данной области. В ходе изучения выбранного источника в его тексте, подстрочных ссылках и перечне использованной литературы можно

обнаружить ссылки на литературу, в которой рассматривается избранная исследователем тема.

1.3. Далее следует вести поиск узкоспециализированного материала – научных статей в периодических изданиях. При работе со статьями необходимо тщательно отделять главное от второстепенного, достоверную информацию от предположений.

1.4. Поиск необходимой литературы осуществляется в монографиях, статьях, журналах, справочных материалах и т.д. и в сети Интернет (поисковые системы электронных библиотек и сайтов, где размещены журналы, монографии и др. литературные источники).

2. Первичное знакомство с найденной литературой, проведение поверхностного анализа содержания.

2.1. На данном этапе проводится чтение, систематизация подобранного материала, отбор необходимых фактических данных. Начиная работать с литературой, исследователь сразу приступает к составлению библиографии.

2.2. Так как объем литературы в процессе работы растет, возникает необходимость правильно организовать работу с найденным библиографическим материалом – сортировать по степени важности и сложности.

2.3. Выстраивая свою работу, исследователь должен четко определить какие теории и концепции он принимает как базовые, а на какие только ссылается в процессе анализа литературных источников, а также обосновать почему.

3. Изучение литературы по выбранной теме.

3.1. Необходимо изучить как можно большее количество литературы по выбранной теме. При сборе материала не следует стремиться исключительно к заимствованию информации, обзор лучше писать «своими словами», по возможности четко придерживаясь терминологии описываемой работы, сопоставляя и анализируя найденные данные.

3.2. Использовать для обзора необходимо только информацию,

имеющую непосредственное отношение к теме. Критерием оценки прочитанного является возможность его практического использования в исследовательской работе.

3.3. Работа с текстом:

- общее ознакомление с текстом по оглавлению;
- беглый просмотр содержания текста с целью определения, о чем идет речь;
- выборочное чтение наиболее значимого материала;
- копирование представляющих интерес идей;
- проверка, обобщение и критическая оценка записанного, его редактирование для возможного использования в своей работе;
- проверка правильности понимания отдельных слов и мыслей при помощи справочной литературы.

4. Составление краткого конспекта

4.1. После изучения каждого источника необходимо конспектировать (цитировать, перефразировать) наиболее важные моменты, создавать своеобразный банк данных по выделенной теме, которые могут пригодиться в дальнейшей исследовательской работе, как-то: интересные мысли, факты, цифры, различные точки зрения, цитаты и тезисы. Формы записи могут быть разнообразными, наиболее распространенными являются следующие:

- записи результатов экспериментов, различного рода измерений, наблюдений;
- выписки из анализируемых документов, литературных источников (статей, книг, монографий и др.). При этом рекомендуется точно указывать источник заимствования, чтобы при необходимости его легко было найти. Записывать (на бумажных носителях, электронных файлах) отобранную информацию необходимо оптимальным для исследователя способом, выбрав метод, подходящий индивидуальным особенностям, темпу мышления, объему памяти, широте ассоциативных связей, тщательно сверяя текст пересказа с первоисточником.

4.2. Важно с первых этапов составления обзора литературы правильно составлять ссылки на источники.

4.3. Особое внимание необходимо уделять цитированию (дословная текстовая выдержка из первичного документа) текстов.

4.4. Каждая цитата должна быть заключена в кавычки и иметь ссылку на конкретного автора и конкретную работу – журнальную статью, главу в книге, монографию – с точной информацией обо всех исходных данных (год, издательство) и обязательным указанием страницы, на которой расположен цитируемый материал. В списке использованной литературы указываются все исходные данные.

4.5. Классификация собранного материала. Одновременно с регистрацией собранного материала следует вести его группирование, сопоставление, сравнение и т.п. Классификация дает возможность наиболее коротким и правильным путем проникнуть в суть рассматриваемой темы. Она облегчает поиск и помогает установить ранее незамеченные связи и закономерности. Классификацию следует проводить в течение всего процесса изучения материала. Она является одной из центральных и существенных частей общей методологии любого научного исследования.

5. Написание анализа литературы.

5.1. Для написания литературного анализа следует отбирать самые авторитетные источники, желательно находить самые поздние материалы, потому как наука, техника и культура развиваются непрерывно. Анализ литературы всегда начинают с описания актуальности изучаемой проблемы научного исследования. В нем описываются существующие взгляды на изучаемую проблему, их эволюция, называются основные представители научной мысли, работавшие над этим вопросом, приводятся их достижения и краткая биография.

5.2. Вводный раздел анализа литературы зачастую не содержит точного описания проблемы и результатов исследований. Располагать описание лучше в хронологическом порядке с указанием того, кто, в какой

период и под чьим руководством проводил исследование, приведением краткой характеристики объекта исследования и эксперимента. Это должно избавить исследователя от необходимости воспроизведения одной и той же информации при каждом следующем цитировании.

5.3. Основная часть анализа литературы создается на основе публикаций, содержащих материалы непосредственных исследований. Их анализ следует начать с краткого описания проведенных экспериментов, перечня основных результатов. Он необходим для того, чтобы читатель представлял, когда, кем и на каком объекте было проведено исследование, в котором были получены те или иные результаты и, при необходимости, мог обратиться к первоисточникам. При этом следует осторожно обращаться с экспериментальными материалами, полученными в других исследованиях. Не стоит воспроизводить целые таблицы, ограничиваясь лишь отдельными показателями. Любой конкретный результат должен иметь ссылку к источнику, включать не только точное указание на публикацию, но и страницу, где приводится данный результат.

5.4. Критический анализ обзора литературы

Анализ литературы должен быть аналитическим, поэтому к изложению фактов необходимо подходить критически. Анализ литературы необходимо строить вокруг проблемы, а не публикаций. Проводя анализ, следует подчеркивать, как сходство в практических результатах работ и их совпадение с теоретическими предположениями, так и несоответствия, расхождения, слабую изученность тех или иных вопросов. Анализируя источники, требуется определить слабые места в трудах, найти ранее неизученные аспекты. При этом не нужно торопиться излагать свое видение вопроса, так как главной задачей анализа литературы является лишь выявление проблем и ознакомление с современным состоянием области исследования.

2.2. Анализ учебных пособий и учебников

1. В книге Башарина А.В. «Управление электроприводами» рассмотрены принципы построения автоматических систем управления электроприводами дано математическое описание двигателей, преобразователей и других типовых узлов как элементов АСУ Рассмотрены типовые системы стабилизации скорости, программные и следящие системы управления электроприводом, а также системы регулирования тока, момента и других параметров. Изложены методы расчета и освещены вопросы машинного проектирования систем управления электроприводов.

2. В учебнике Москаленко В.В. «Системы автоматизированного управления электропривода», рассмотрены общие принципы построения и структуры систем управления электропривода. Приведено описание элементов и устройств, схем управления, и рассмотрены разомкнутые и замкнутые схемы электроприводов с двигателями постоянного и переменного тока. Изложены вопросы применения электроприводов в системах автоматизации технологических процессов. Даны основные понятия и методы расчета и повышения надежности электроприводов.

Учебник предназначен для студентов учебных заведений среднего профессионального образования.

3. В учебнике Терехова В.М. «Системы управления электроприводов», изложены принципы построения дискретных систем управления электроприводов на основе классической и фаззи-логики. Рассмотрены способы оптимального управления по динамическим и точностным показателям электроприводов постоянного и переменного тока. Даны методы синтеза регуляторов в типовых структурах непрерывных и цифровых систем управления. Приведены примеры систем адаптивного и фаззи-управления в электроприводе.

Учебник предназначен для студентов высших учебных заведений.

4. В учебнике Васильева Б.Ю. «Электропривод. Энергетика электропривода», дается анализ нормативной базы в области энергосбережения. Показана роль электроприводов в энергосбережении. Рассмотрены вопросы практического энергетического обследования электроприводов и обоснования технико-экономической, энергетической и эксплуатационной эффективности регулируемых электроприводов. Рассмотрены энергетические характеристики электроприводов с асинхронными двигателями и преобразователями частоты, показатели электромагнитной, электромеханической и энергетической совместимости электроприводов и их влияние на энергетику электропривода. Рассмотрены методы повышения энергетических характеристик электроприводов. Рассмотрены вопросы выбора асинхронных двигателей для регулируемых и нерегулируемых электроприводов, преобразователей частоты, тормозных резисторов и других элементов. Приведены примеры использования, структуры и состав оборудования современных электроприводов на промышленных объектах и в технических средствах топливно-энергетического комплекса.

Данная книга, представленная в виде учебника, предназначена для бакалавров и магистров, обучающихся по направлению "Электроэнергетика и электротехника" и других электротехнических и электроэнергетических направлений подготовки специалистов различных профилей и уровней. Может быть интересна специалистам в области разработки, проектирования и эксплуатации автоматизированного электропривода, энергосбережения.

5. В учебном пособии Фролова Ю.М., Шелякина В.П. «Проектирование электропривода промышленных механизмов», содержатся сведения и рекомендации по проектированию силовых электроприводов технических установок, широко применяющихся в промышленном и сельскохозяйственном производствах, проиллюстрированные достаточным количеством примеров. Приведены методики расчета электроприводов, учитывающие конструктивные особенности механизмов и специфику их

технологических режимов работы. Изложены статические и динамические свойства электроприводов, способы их регулирования, сведения о перспективных направлениях развития системы управления электроприводами для поиска оптимального варианта управления электроприводом.

Данное учебное пособие составлено для студентов, обучающихся по направлению «Электротехника, электромеханика и электротехнологии», профилям «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов» и «Электромеханика», и будет полезно специалистам, занимающимся на производстве с электрическим приводом.

6. В учебном пособии Красовского А.Б. «Основы электропривода», кратко изложены основы теории современного автоматизированного электропривода. Рассмотрены принципы построения и составные части электроприводов, их характеристики в статических и динамических режимах работы с двигателями постоянного и переменного тока, а также основные принципы управления и проектирования.

Учебное пособие содержит дополнительные разделы по общим вопросам электромеханического преобразования энергии, принципам работы и особенностям конструкции основных типов электрических машин, силовой электронике. Учебное пособие будет полезно студентам, начинающим изучать электропривод, а также практикующим инженерно-техническим работникам смежных областей.

7. В учебнике Епифанова А.П., Малайчук А.Г., Тушинского А.Г. «Электропривод» рассмотрены общие вопросы электропривода, а также электропривод основных машин, механизмов и агрегатов: центрифуги, транспортеры, насосы и вентиляторы, крановые механизмы и машины с кривошипно-шатунным механизмом.

8. В книге Дружининой О.В., Масиной О.Н. «Методы анализа устойчивости динамических систем интеллектуального управления» рассмотрены вопросы моделирования и анализа устойчивости динамических

систем интеллектуального управления. Исследование устойчиво-подобных свойств систем с логическими регуляторами. Рассмотрены приложения к исследованию динамики систем управления в условиях неопределенности.

9. Книга Осичева А.М. «Атлас графиков динамических процессов в асинхронном электроприводе» является сборником графиков динамических процессов, полученных в пакете МАТЛАБ-POWERSYS на построенной виртуальной модели двухзонного асинхронного электропривода с векторным управлением, включающей инвертор с PWM и SVM-законами модуляции, четыре цифровых регулятора в каналах регулирования потокосцепления и скорости АД, диодный выпрямитель и активно-индуктивную питающую сеть, в том числе с запасом по напряжению. Расчеты были выполнены для разных режимов работы электропривода, таких как пуск на холостом ходу в первой и второй зонах, наброс двигательной и генераторной нагрузки, реверс под нагрузкой и без, кратковременная работа с 5-7-кратной перегрузкой по току и других. "Осциллографирование" было проведено детально, так, чтобы получить достаточно полный комплект графиков, отображающих динамические процессы во всех значимых элементах системы от трехфазной "розетки" до вала АД, с целью их последующего комплексного анализа. Атлас содержит графики временных зависимостей, результаты разложения на гармоники во времени пуска, обычные и трехмерные механические характеристики привода, графики пространственных векторов координат АД, \cos и ТНД в процессе пуска и ряд других.

10. В книге Курносова Д.А. «Бездатчиковое векторное управление вентильным электроприводом» рассматриваются некоторые схемы и алгоритмы векторного управления синхронным двигателем с возбуждением от постоянных магнитов путём регулирования модуля вектора потока поля статора и его углового рассогласования относительно вектора потока поля ротора. Предлагаемый подход к векторному управлению позволяет полностью избавиться от прямых и обратных координатных преобразований в контуре управления приводом. Причём основное внимание уделено

бездатчиковым схемам, которые базируются на математических моделях вентильного двигателя и оценках механических координат привода. Предлагаемые алгоритмы дают возможность простыми средствами обеспечить разнообразный вид механических характеристик двигателя, показывают низкую чувствительность к разбросу параметров двигателя, используют относительно небольшой объем вычислительных процедур и позволяют достаточно просто реализовать различные статические и динамические режимы работы привода, включая режим прямого токового управления, пуска, реверса и т.д. Книга адресована пытливному читателю, пытающемуся разобраться в хитросплетениях векторного управления вентильными двигателями в общем, и бездатчиковых схемах такого управления в частности.

11. В книге Мещерякова В.В. «Частотный асинхронный электропривод с оптимальным управлением» исследованы две близкие по конструкции и принципам работы системы частотного асинхронного электропривода с релейным управлением, имеющие внутренний контур регулирования тока статора, с оптимальным управлением, обеспечивающим минимизацию потребляемого статором тока, реализуемым за счет коррекции задания на амплитуду тока статора, проводимой в функции угла между током статора и намагничивающей переменной. В обеих системах используется наблюдатель переменной намагничивания двигателя, в качестве которой предлагается в первой схеме - ток намагничивания, во второй схеме - потокосцепление ротора.

12. Книга Гармаш Ю.Г., Сарбаева В.А. «Управление электроприводом постоянного тока» посвящена проблемам электропитания электропривода вспомогательного оборудования автомобильной и строительной техники. Анализ возможностей импульсных преобразователей напряжения аккумуляторной батареи с одной стороны, и требований, предъявляемых к электроприводу – с другой, позволили разработать средства их согласования на основе принципов автоматического регулирования.

13. В книге Буянкина В.М. «Цифровое управление электродвигателями» рассмотрены проблемы проектирования цифровых следящих систем управления электродвигателями. Решение задачи создания микропроцессорного следящего привода /МСП/ позволит полностью устранить дрейф регулировочных параметров, получить высокую статическую точность, расширить диапазон регулирования, применить оптимальные законы управления, самонастройку регулировочных параметров, решить вопросы диагностики электропривода, увеличить надёжность и производительность работы. Появление микропроцессоров знаменует собой важный этап развития систем управления электроприводов. Изменились критерии оценки сложности и возможности реализации весьма совершенных систем управления, появилась возможность улучшить характеристики электроприводов, в том числе и выполненных по традиционным схемам управления. Основная характерная черта микропроцессорного электропривода – не аппаратное, а программное воплощение системы управления, что почти неограниченно расширяет функциональные возможности, улучшая статическую и динамическую точность.

14. В книге Гулькова Г.И., Петренко Ю.Н., Раткевич Е.П. «Системы автоматизированного управления электроприводами» рассмотрены вопросы применения микроконтроллеров для управления электроприводом; устройство, принципы действия и системы управления электродвигателей постоянного и переменного тока, набор периферийных устройств. Приведено описание и системы команд микроконтроллеров, используемых для управления электроприводом.

15. В книге Молодецкого В.Б., Пахомова А.Н. «Синтез цифровых регуляторов электропривода постоянного тока» рассмотрена методика синтеза цифровых регуляторов координат электропривода постоянного тока для систем с подчиненным управлением. Приведено подробное описание метода полиномиальных уравнений, включая синтез редуцированных

регуляторов. Произведен синтез регуляторов тока и частоты вращения электропривода постоянного тока для всех практически значимых вариантов построения рассматриваемых математических моделей электропривода постоянного тока. Проведен анализ синтезированных систем управления, даны рекомендации по их рациональному использованию. Приведенная методика синтеза цифровых регуляторов легко адаптируется для применения в электроприводе переменного тока. Работа может быть полезна широкому кругу читателей, интересующихся микропроцессорным управлением электроприводами, а также для специалистов, интересующихся использованием и разработкой средств микропроцессорной техники для управления электроприводами, научным работникам, преподавателям технических ВУЗов, студентам, магистрантам и аспирантам, обучающимся и ведущим научные работы по темам, связанным с применением микропроцессорной техники для управления системами электропривода.

16. В книге Пахомова А.Н., Короткова М.Ф. «Асинхронный электропривод с модальным управлением» рассматривается теория систем векторного управления частотно-регулируемого асинхронного электропривода. Контур регулирования в системе векторного управления выполняются, как правило, в соответствии с принципами подчиненного регулирования координат, что ограничивает их быстродействие и, как следствие, точность в динамических режимах. Обеспечить предельное быстродействие и точность в динамических режимах возможно, снабдив систему так называемым модальным регулятором, построенным на основе суммирования обратных связей по вектору состояния. Таким образом, определенные методический интерес и новизну представляет методика построения векторной системы частотно-управляемого асинхронного электропривода с модальным регулятором координат. Работа будет полезна широкому кругу читателей - инженеров, аспирантов, магистрантов - занимающихся исследованием, разработкой и внедрением систем асинхронного электропривода.

17. В книге Самохвалов Д.В. «Электропривод с синхронным двигателем» рассматриваются такие темы как, коррекция статических характеристик электропривода с синхронным двигателем с синусоидальной формой токов статора позволяет снизить ток потребления и обеспечить линейность механических и регулировочных характеристик. Достижение линейности статических характеристик преследует две цели: возможность построения разомкнутого по скорости электропривода, обеспечивающего регулирование скорости за счет внутреннего частотного управления (самосинхронизации двигателя), и улучшение динамических характеристик электропривода, замкнутого по скорости. Рассматриваемый метод коррекции является одним из видов векторного управления синхронными двигателями для обеспечения постоянства и максимизации электромагнитного момента за счет поддержания магнитного угла между потоками статора и ротора, равным 90 эл. градусов. Достоинством данного метода является возможность управления синхронным двигателем без измерения фазных токов и наличие только одного преобразования координат. Рассматриваемый в работе метод компенсации запаздывания устройства управления является частным случаем методов ослабления поля синхронного двигателя с постоянными магнитами.

3. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Цель выпускной квалификационной работы

Целью выпускной квалификационной работы является разработка учебно-методического комплекса дисциплины «Системы управления электроприводов». В УМКД будет представлена необходимая информация о дисциплине, информация необходимая для формирования умений самостоятельного решения профессиональных задач, знания методов научного исследования. Изучение курса ознакомит инженеров-электриков с изучением теории, устройства и практики электрического привода, что может быть использовано при выполнении курсовых и дипломных проектов.

3.1. Техническое описание разрабатываемого мероприятия

Вид и порядок расчета

Расчет себестоимости разработки УМКД и расчет затрат на учебно-методический комплекс дисциплины «Системы управления электроприводов».

Порядок расчета:

- расчет себестоимости разработки;
- расчет затрат на разработку УМКД;

Объем и места внедрения

После окончательного утверждения учебно-методический комплекс может быть сохранен на веб-сервере и быть доступным в сети Интернет всем пользователям, а так же в электронной базе данных РГППУ или бумажном виде на кафедре, обеспечивающей преподавание данной дисциплины.

Достоинства разрабатываемого УМКД

Достоинством данного УМКД является совокупность учебно-методической документации, средств обучения и контроля, организации работ для дисциплины «Теория электрического привода». УМК включает

полную информацию, достаточную для прохождения данной дисциплины. Способствует формированию студентами знаний об устройстве в области применения электрических машин и умений выполнять их расчеты и анализ, а также формирует у студентов практические умения по моделированию электрических приводов.

3.2. Экономический расчет

3.2.1. Расчет себестоимости разработки методики

В себестоимость разработки учебно-методического комплекса дисциплины «Теория электрического привода» входят следующие статьи затрат:

- основная заработная плата;
- дополнительная заработная плата;
- страховые взносы;
- прочие расходы.

Разработку УМКД проводят два исполнителя: инженер-педагог и педагог методической части. Зарплата инженера-педагога составляет 80 руб/час, педагога методической части - 110 руб/час. При этом продолжительность рабочего дня каждого из них составляет 6 часов.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 6.

Таблица 6 - Расчет основной заработной платы

Этапы	Виды работ	Ко л- во	Должность	Часовая ставка	Длит. Выполнен ия, в часах.	Размер зарплаты, руб
1. Начальный	Сбор и обработка собранного материала, информации по дисциплине	1	инженер	80	22	1760

Окончание таблицы 6

2. Поиск учебной литературы и анализ ее	Поиск актуальной литературы для изучения, а так же анализ всех источников	1	инженер	80	20	1600
3. Разработка структуры дисциплины, поиск и разработка темы, лекций	Разработка темы дисциплины, а так же поиск лекционного материала.	1	педагог	110	28	3080
4. Разработка лабораторных работ, контрольных работ, практических работ, практических занятий	Разработка лабораторных работ	1	инженер	80	14	1120
	Разработка контрольных работ	1	педагог	110	10	1100
	Разработка практических занятий	1	педагог	110	10	1100
	Разработка вопросов для тестов, контрольных вопросов, а так же вопросов на зачет/экзамен	1	педагог	110	16	1760
5. Этап разработки вопросов, выносимых на зачет, тестовых заданий, занятий	Разработка вопросов для тестов, контрольных вопросов, а так же вопросов на зачет	1	педагог	110	20	2200
Итого					140	13720
Дополнительная зарплата (20%)						2744
Всего					140	16464

К дополнительной заработной плате относятся: оплата отпусков, выплата вознаграждения за выслугу лет и т.д. Дополнительная заработная плата составляет 20% от основной:

$$13720 * 0,2 = 2744 \text{ руб.}$$

К страховым взносам относятся отчисления на оплату перерывов в работе в связи с временной нетрудоспособностью и отчисления в пенсионный фонд. Норматив отчислений на социальное страхование составляет 30% от величины основной заработной платы:

$$6940 * 0,3 = 4116 \text{ руб.}$$

К прочим расходам следует отнести расходы на плату за электроэнергию.

Затраты на электроэнергию рассчитываются исходя из потребляемой мощности устройства и тарифа на электроэнергию. В нашем случае предполагается использование компьютера (ноутбука) с мощностью 0,5 кВт час. Стоимость одного кВт часа электроэнергии равна 2,2 руб. Время использования электроэнергии в процессе разработки: 140 часов.

Следовательно, плата за электроэнергию составит:

$$0,5 * 2,20 * 140 \approx 154 \text{ руб.}$$

Расчет себестоимости разработки системы представлен в таблице 7 и приложении Г.

Таблица 7 - Расчет себестоимости разработки

Статьи затрат	Сумма, руб.
Основная заработная плата	13720
Дополнительная	2744
Страховые взносы	4116
Плата за электроэнергию	154
Итого:	20734

3.3. Заключение экономической части

В представленной экономической части выпускной квалификационной работы рассмотрена идея разработки учебно-методического комплекса дисциплины «Системы управления электроприводов» для студентов, преподавателей, вузов. Расчет себестоимости разработки УМКД и расчет затрат на учебно-методический комплекс дисциплины «Системы управления электроприводов» показывает, что проект реализуем и эффективен.

Внедрение данного учебно-методического комплекса дисциплины формирует базовые понятия, необходимые для восприятия и осмысления дисциплины «Системы управления электроприводов», базовые знания, необходимые для осмысления методических дисциплин, ориентированных на использование электрооборудования. Материал дисциплины «Системы управления электроприводов» изучается студентами на основе лекций, рекомендованной литературы, учебных методических пособий и усваивается при выполнении лабораторных работ. Проверка качества освоения материала по дисциплине предполагается осуществлять через проведение планируемых мероприятий, разных по форме и объему, позволяющий в течение семестра определить уровень освоения практического и теоретического материала.

Данное УМКД также может быть использовано студентами для самостоятельного обучения дисциплины «Системы управления электроприводов», так как в нем содержатся все необходимые для этого материалы.

Расчет затрат показал, что на разработку данного УМКД необходимо затратить около 20734 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ состояния текущего учебно-методического обеспечения темы «Системы управления электроприводов» а также исследование актуальности и информативности учебной литературы по данной тематике, позволили выявить, что общее состояние процесса обучения по данной дисциплине можно улучшить, используя более актуальную тематическую литературу и методы обучения, правильное распределение учебной нагрузки на студентов.

Основной целью разработки было улучшение способа преподавания дисциплины, использовав в процессе обучения более новых и актуальных методов обучения, а так же научной методической и специальной литературы по теме «Системы управления электроприводов»,

Разработанный в ходе данной выпускной квалификационной работы , учебно-методический комплекс позволяет подготовить квалифицированные инженерно-технические кадры в сфере электроэнергетики, которым в нашей области уделяется большое внимание, ввиду того что наш край является главным техническим оплотом страны.

В ходе исследования был разработан учебно-методический комплекс, который включает нормативный, теоретический, практический, диагностический и методический блоки. Разработка направлена на усовершенствование системы преподавания дисциплины, а также использование более актуальных способов и материалов для обучения.

Поставленные цели и задачи были полностью выполнены - разработана учебная программа дисциплины, которая включает в себя разработки:

- курса лекций;
- практических занятий;
- лабораторных работ;
- сформулирована и расписана самостоятельная работа студентов;

- сформулирован перечень вопросов, выносимых на зачет/экзамен;
- дано описание курсового проекта;
- дано описание контрольной работы.

Данная учебно-методический комплекс является полностью готовой разработкой, которую можно применять в ВУЗах для обучения студентов дисциплине «Системы управления электроприводов» в рамках обучения студентов электроэнергетических специальностей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Башарин А.В. Управление электроприводами. – Москва: ЭНЕРГОИЗДАТ, 2012. - 392 с.
2. Москаленко В.В. Системы автоматизированного управления электропривода. – Москва: Инфра-М, 2013. – 208 с.
3. Аксенов М.И. Моделирование электропривода. – Москва: Инфра-М, 2016. – 135с.
4. Терехов В.М. Системы управления электроприводов. – Москва: Academia, 2008. – 304 с.
5. Васильев Б.Ю. Электропривод. Энергетика электропривода. – Москва: Солон-Пресс, 2015. – 272 с.
6. Фролов Ю.М., Шелякин В.П. Проектирование электропривода промышленных механизмов. – СПб: Лань, 2014. -448 с.
7. Красовский А.Б. Основы электропривода. – Москва: МГТУ им Н.Э. Баумана, 2015. -408 с.
8. Елифанов А.П., Малайчук А.Г., Тущинский А.Г. Электропривод. – Москва: Лань, 2012. – 400 с.
9. Дружинина О.В., Масина О.Н. Методы анализа устойчивости динамических систем интеллектуального управления. – Москва: Ленанд, 2016. – 312 с.
10. Осичев А.М. Атлас графиков динамических процессов в асинхронном электроприводе. – Москва: LAP LambertAcademicPublishing, 2014. - 200 с.
11. Курносов Д.А. Бездатчиковое векторное управление вентиляльным электроприводом. – Москва: LAP LambertAcademicPublishing, 2014. – 60 с.
12. Мещеряков В.В. Частотный асинхронный электропривод с оптимальным управлением. – Москва: LAP LambertAcademicPublishing, 2013. – 116 с.

13. Гармаш Ю.Г., Сарбаев В.А. Управление электроприводом постоянного тока. – Москва: LAP LambertAcademicPublishing, 2012. – 140 с.
14. Буянкин В.М. Цифровое управление электродвигателями. – Москва: LAP LambertAcademicPublishing, 2012. – 188 с.
15. Гульков Г.И., Петренко Ю.Н., Раткевич Е.П. Системы автоматизированного управления электроприводами. – Москва: Новое знание, 2008. – 300 с.
16. Молодецкий В.Б., Пахомов А.Н. Синтез цифровых регуляторов электропривода постоянного тока. – Москва: LAP LambertAcademicPublishing, 2011. – 208 с.
17. Пахомов А.Н., Коротков М.Ф. Асинхронный электропривод с модальным управлением. – Москва: LAP LambertAcademicPublishing, 2011. – 104 с.
18. Самохвалов Д.В. Электропривод с синхронным двигателем. – Москва: LAP LambertAcademicPublishing, 2011. – 212 с.
19. Алексеев К.Б., Палагута К.А. Микроконтроллерное управление электроприводом. – Москва: МГИУ, 2008. – 298 с.
20. Усынин Ю.С. Системы управления электроприводов. – Челябинск: ЮУрГУ, 2011. – 358 с.
21. Симаков Г.М. Системы автоматического управления электроприводами. – Новосибирск: НГТУ, 2006. – 116 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Объем дисциплины и виды учебной работы.

Вид учебной работы	Часов на изучение		
	Очная форма	Заочная форма	Дистантная форма
Аудиторные занятия	120	26	22
Лекции	60	10	2
Практические занятия	30	4	4
Лабораторные работы	30	4	12
Самостоятельная работа	114	208	212
Изучение теоретического материала	70	150	150
Курсовая работа	30	30	30
Домашняя работа	11	38	42
Подготовка к экзамену	3	3	3
Контрольная работа	2	2	2
Всего часов (зачетных единиц).	234 (6,5)	234 (6,5)	234 (6,5)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Перечень тем лекционных занятий дисциплины «Системы управления электроприводов».

Наименование тем лекций	Часов на изучение
1. Общие сведения о системах управления электроприводов	4
2. Разомкнутые системы управления электроприводов	5
3. Замкнутые системы управления электроприводов постоянного тока	5
4. Замкнутые системы управления электроприводов на базе асинхронного двигателя часть первая.	8
5. Замкнутые системы управления электроприводов на базе асинхронного двигателя часть вторая.	8
6. Бездатчиковые системы управления электроприводов и диагностика электроприводов	5
7. Замкнутые системы управления электроприводов на базе синхронного двигателя	8
8. Системы управления электроприводов специального назначения	7
9. Интеллектуальные системы управления электроприводов	5
10. Цифровые системы управления электроприводов	5

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Перечень тем лабораторных работ дисциплины «Системы управления электроприводов».

Наименование работ	Часов на изучение
1. Типовые узлы релейно-контакторных систем управления двигателями постоянного тока независимого возбуждения.	3
2. Типовые узлы релейно-контакторных систем управления двигателями переменного тока.	3
3. Характеристики регуляторов в системах электропривода.	3
4. Применение обратных связей для построения систем управления электроприводов постоянного тока.	3
5. Настройка регуляторов системы подчиненного регулирования.	3
6. Настройка модальных регуляторов.	3
7. Исследование способов скалярного частотного управления асинхронным двигателем.	3
8. Исследование способов векторного управления асинхронным двигателем.	3
9. Системы управления следящим электроприводом.	3
10. Синтез цифровых регуляторов.	3

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Расчет себестоимости разработки.

Статьи затрат	Сумма, руб.
Основная заработная плата	13720
Дополнительная	2744
Страховые взносы	4116
Плата за электроэнергию	154
Итого:	20734