

Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Магистерская программа «Электроприводы и системы управления
электроприводов»
Изменение и дополнения к РПД Б1.В.ДВ.1.1
«Электропривод с вентильными и шаговыми двигателями»



Приложение 3.РПД Б1.В.ДВ.1.1

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

УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора
филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»
в г. Смоленске
по учебно-методической работе
В.В. Рожков
« 2016 г. »

**Изменения и дополнения к
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

ЭЛЕКТРОПРИВОД С ВЕНТИЛЬНЫМИ И ШАГОВЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ

Направление подготовки: 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Магистерская программа: Электроприводы и системы управления электроприводов

Уровень высшего образования: магистратура

Нормативный срок обучения: 2 года

Форма обучения: очная

Шифр дисциплины по учебному плану 2016/2017 уч. года: РПД Б1.В.ДВ.1.1

Смоленск – 2016 г.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

По тексту исходной РПД.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к вариативной части дисциплин по выбору В.ДВ.1.1 студента цикла Б1 образовательной программы подготовки магистров по магистерской программе «Электроприводы и системы управления электроприводов», направления «Электроэнергетика и электротехника».

В соответствии с учебным планом по направлению «Электроэнергетика и электротехника» дисциплина «Электропривод с вентильными и шаговыми двигателями» базируется на следующих дисциплинах:

Б1.Б.6 Методология научного творчества

Б1.В.ОД.1 Управление электроприводов и элементы автоматизации технологических процессов

Б1.В.ОД.2 Современные проблемы и надёжность электроприводов

Б1.В.ОД.3 Элементы и схемотехника силовой электроники

Знания, умения и навыки, полученные студентами в процессе изучения дисциплины, являются базой для изучения следующих дисциплин:

Б1.В.ДВ.1.2 Вентильно-индукторный электропривод

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Аудиторная работа

| | | |
|---|-------------|-----------|
| Цикл: | Б1 | Семестр |
| Часть цикла: | вариативная | |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.В.ДВ.1.1 | |
| Часов (всего) по учебному плану: | 216 | 2 семестр |
| Трудоемкость в зачетных единицах (ЗЕТ) | 6 | 2 семестр |
| Лекции (ЗЕТ, часов) | 1.0, 36 | 2 семестр |
| Практические занятия (ЗЕТ, часов) | 0.5, 18 | 2 семестр |
| Лабораторные работы (ЗЕТ, часов) | 1.0, 36 | 2 семестр |
| Объем самостоятельной работы по учебному плану (ЗЕТ, часов всего) | 2.5, 90 | 2 семестр |
| Экзамен (ЗЕТ, часов) | 1, 36 | 2 семестр |

Самостоятельная работа студентов

| | |
|--|------------------------|
| Вид работ | Трудоёмкость, ЗЕТ, час |
| Изучение материалов лекций (лк) | - |
| Подготовка к практическим занятиям (пз) | 0.5, 18 |
| Подготовка к выполнению и защите лабораторной работы (лаб) | 0.5, 18 |
| Выполнение расчетно-графической работы (реферата) | - |
| Выполнение курсового проекта (работы) | - |

| | |
|---|---------|
| Самостоятельное изучение дополнительных материалов дисциплины (СРС) | 1.5, 54 |
| Подготовка к контрольным работам | - |
| Подготовка к тестированию | - |
| Подготовка к зачету | - |
| Всего: | 2.5, 90 |
| Подготовка к экзамену | 1.0, 36 |

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

| № п/п | Темы дисциплины | Всего часов на тему | Виды учебной занятий, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость (в часах) | | | | |
|--|---|---------------------|--|-----------|-----------|-----------|------------------|
| | | | лк | пр | лаб | СРС | в т.ч. интеракт. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | Тема 1. Принцип работы шагового привода. Основные понятия. | 18 | 4 | 4 | | 10 | 4 |
| 2 | Тема 2. Теория электромагнетизма и структура ШД. | 36 | 4 | 2 | 10 | 20 | 8 |
| 3 | Тема 3. Динамические и механические характеристики. | 38 | 6 | 4 | 8 | 20 | 8 |
| 4 | Тема 4. Схемотехнические решения на элементах с разной степенью интеграции. | 56 | 12 | 6 | 8 | 30 | 12 |
| 5 | Тема 5. Вентильный и вентильно-индукторный электропривод (ВП и ВИП). | 32 | 10 | 2 | 10 | 10 | 4 |
| всего 180 часа по видам учебных занятий (включая 36 часов на подготовку к экзамену) | | | 36 | 18 | 36 | 90 | 36 |

Содержание по видам учебных занятий

Тема 1. Принцип работы шагового привода. Основные понятия

Лекция 1. Введение. Развитие электромеханических преобразователей энергии непрерывного и дискретного действия. Статическая устойчивость. Анализ условий отработки шага. Двухтактные шаговые двигатели (ШД). Требования. Конструкция (2 часа).

Лекция 2. Физическая модель ШД. Период собственных колебаний. Влияние жесткости характеристик. Постоянные времени. Уравнения движения ШД при учете электромагнитного взаимодействия при $L=0$. Формы записи (2 часа).

Практическое занятие 1. Характерные диапазоны частот управляющих команд с графическим анализом. Частота приемистости. Методы ограничения и устранения колебаний. Старт-стопное движение. Углы торможения и разгона. Функции управления. Методы ограничения и устранения колебаний. (2 часа).

Практическое занятие 2. Расчет граничных частот режима. Зависимость параметров движения от нагрузки. Предельные динамические характеристики. Баланс энергий. Оценка приемистости (2 часа).

Самостоятельная работа 1. Проработка лекционных теоретических положений с использованием основной и дополнительной литературы, подготовка к практическому занятию, дополнительная тема на СРС - изучение техники получения инженерных оценок характера движения шаговых приводов при различных начальных условиях (задание уточняется на лекции и практическом занятии) (всего к теме №1 – 10 часов).

Текущий контроль – устный опрос при проведении допуска к лабораторным работам, защита лабораторных работ, обмен информацией в интерактивной форме на лекционном занятии.

Тема 2. Теория электромагнетизма и структура ШД

Лекция 3. Анализ механизма возникновения момента в реактивном ШД. Анализ магнитных систем с бесконечной проницаемостью стали. Анализ магнитных систем с постоянной проницаемостью активного материала (2 часа).

Лекция 4. Влияние насыщения на характеристики ШД. Энергия и коэнергия. Описание магнитных систем ШД с учётом насыщения. (2 часа).

Практическое занятие 3. Оптимальное проектирование импульсных систем с учётом нелинейных характеристик магнитопровода. Влияние тока на моментно-угловую характеристику (2 часа).

Лабораторная работа 1. Шаговый электропривод. Старт-стопный режим управления (аппаратная реализация алгоритма управления) (6 часов).

Лабораторная работа 2. Шаговый электропривод. Старт-стопный режим управления (программно-аппаратная реализация алгоритма управления) (4 часа)

Самостоятельная работа 2. Подготовка к выполнению и защите лабораторной работе № 1,2: изучение методических указаний, дополнительная тема на СРС - составление программы для цифрового контура регулирования. Язык программирования - Ассемблер (всего к теме №2 – 20 часов).

Текущий контроль – устный опрос при проведении допуска к лабораторным работам, защите лабораторных работ.

Тема 3. Динамические и механические характеристики

Лекция 5. Расчетная модель многополюсной системы активного ШД. Уравнения баланса напряжений. Уравнение движения. Линеаризация. Уравнения зависимостей токов и угла от параметров. Анализ соотношений (2 часа).

Лекция 6. Уравнения динамических характеристик для реактивного двигателя. Исходные уравнения. Линеаризация. Результирующие соотношения. Упрощения при выводе. Передаточные функции ШД (2 часа).

Лекция 7. Однофазное возбуждение. Передаточные функции шаговых двигателей. Двухфазное возбуждение. Теория динамических характеристик. Одношаговая реакция. Анализ характеристических уравнений. Выбор оптимальных параметров (2 часа).

Практическое занятие 4. Механические характеристики ШД (2 часа).

Практическое занятие 5. Резонансы и нестабильность (2 часа).

Лабораторная работа 3. Шаговый электропривод с электрическим дроблением шага (аппаратная реализация алгоритма управления) (4 часа).

Лабораторная работа 4. Шаговый электропривод с электрическим дроблением шага (программно-аппаратная реализация алгоритма управления) (4 часа).

Самостоятельная работа 3. Подготовка к лабораторной работе №3,4: изучение методических указаний, дополнительная тема на СРС - составление программы для цифрового контура регулирования. Язык программирования – Ассемблер, подготовка к практическим занятиям № 4 - 5, (всего к теме №3 – 20 часов).

Текущий контроль – устный опрос по теме при подготовке к лабораторным и практическим занятиям.

Тема 4. Схемотехнические решения на элементах с разной степенью интеграции

Лекция 8. Системы и схемы управления 4-х фазным шаговым приводом (ШП) без обратных связей. Логические блоки управления на базе JK-(D-) триггеров. Варианты включения (2 часа).

Лекция 9. ШП. Коммутация парная (поочерёдная). Реверс. Системы и схемы управления 4-х фазным ШД. Логические блоки управления на базе счетчика-дешифратора. Анализ недостатков Включение сумматора (средняя степень интеграции). (2 часа).

Лекция 10. ШП. Системы и схемы управления ШД. Логические блоки. Схемы подключения к конвертору. Конвертор в шаговом электроприводе ШП. Схемы защит. Анализ (2 часа).

Лекция 11. ШП. Задача уменьшения времени нарастания силового тока. Регулирование тока в ШП. Схема с ШИМ без стабилизации частоты. Анализ. Схемы с принудительной синхронизацией и со стабилизацией времени расфорсировки (2 часа).

Лекция 12. ШП. Регулирование тока в ШП. Выбор количества регуляторов. Временные диаграммы. Анализ быстродействия схем. Входной контроллер ШП (2 часа).

Лекция 13. ШП. Старт-стопное управление. Функции управления. Обработка серии импульсов (2 часа).

Практическое занятие 6. Системы и схемы управления 3-х фазным ШД (2 часа).

Практическое занятие 7. Мостовые коммутаторы (2 часа).

Практическое занятие 8. Схема с программным разгоном и замедлением. Электрическое дробление шага в ШП (2 часа).

Лабораторная работа 5. Вентильно-индукторный электропривод (аппаратная реализация алгоритма управления) (4 часа).

Лабораторная работа 6. Вентильно-индукторный электропривод (программно-аппаратная реализация алгоритма управления)(4 часа).

Самостоятельная работа 4. Подготовка к лабораторной работе №5,6: изучение методических указаний, дополнительная тема на СРС - составление программы для цифрового контура регулирования. Язык программирования – Ассемблер, подготовка к практическим занятиям № 6 - 8, (всего к теме №4 – 30 часов).

Текущий контроль – устный опрос по теме при подготовке к лабораторным и практическим занятиям.

Тема 5. Вентильный и вентильно-индукторный электропривод (ВП и ВИП).

Лекция 14. ВП. Структура. Особенности. Классификация. Схемы с импульсным и потенциальным датчиками положения ротора 2-х фазного двигателя. Схема с потенциальным датчиком положения. Угол установки датчика (2 часа).

Лекция 15. ВП. Оценка пульсаций момента. Схемы парной коммутации при однополярном и двухполярном питании (2 часа).

Лекция 16. Область применения вентильно-индукторной машины (ВИМ). Преимущества. Изменение индуктивности фазы от угла поворота. Определение тока фазы с учётом насыщения и без (2 часа).

Лекция 17. ВИМ. Определение момента с учётом насыщения и без. Математическая модель ВИМ. Конвертор ВИМ. Ассиметричный ключ. Стратегии управления. Схемотехнические решения при реализации конверторов (2 часа).

Лекция 18. ВИМ. Выбор элементов. Двухступенчатое преобразование энергии (генерирующие установки на базе ВИМ). Общая классификация ВИП (2 часа).

Практическое занятие 9. ВП с потенциальным датчиком положения ротора вентильного двигателя (ВД) и регулируемые источники тока. ВП с подчиненным регулированием координат (2 часа).

Лабораторная работа 7. Вентильный электропривод дискового (аппаратная реализация алгоритма управления) (4 часа).

Лабораторная работа 8. Вентильный электропривод дискового (программно-аппаратная реализация алгоритма управления) (6 часов).

Самостоятельная работа 5. Подготовка к лабораторной работе №7,8: изучение методических указаний, дополнительная тема на СРС - составление программы для цифрового контура регулирования. Язык программирования – Ассемблер, подготовка к практическому занятию № 9, (всего к теме №5 – 10 часов).

Текущий контроль – устный опрос по теме при подготовке к лабораторным и практическим занятиям.

Лекционные занятия (в количестве 36 часов) проводятся в интерактивной форме (используются технологии типа «лекция-провокация», т.е. в процессе лекции делается преднамеренная ошибка с последующим опросом студентов на следующей лекции и организацией диалога «преподаватель-студент», «студент-студент» с целью выявления ошибки и установления истины.

На практических занятиях №1-9 (в количестве 14 часов) используется индивидуальный метод работы со студентом с анализом исходных данных, проработка схемы построения электропривода, анализ схемотехнических альтернатив, расчет параметров силовой цепи и цепей управления, возможная оптимизация. Организуется активный диалог студентов с преподавателем и между собой для подведения итогов решения задания и практической реализации схемы привода, анализом достоинства и недостатков схемных решений.

Лабораторные работы (в количестве 36 часов) проводятся в интерактивной форме: работа в малых группах (используется бригадный метод выполнения лабораторных работ) Стенды позволяют каждую из работ реализовать в аппаратном исполнении (без привлечения микроконтроллера и отладочных средств программного обеспечения). После достаточно глубокого понимания физических основ процессов управления тем или иным приводом, работа выполняется с заменой части оборудования микроконтроллером (программно-аппаратная реализация алгоритма управления). В результате для обучаемого становятся ощутимыми достоинства и недостатки каждой из реализаций. Задания индивидуальные (на бригаду из 2-3 человек) и не повторяются.

Промежуточная аттестация по дисциплине: экзамен

Изучение дисциплины заканчивается экзаменом. Экзамен проводится в соответствии с Положением о зачетной и экзаменационной сессиях в НИУ МЭИ и инструктивным письмом от 14.05.2012 г. № И-23.

Далее по тексту исходной РПД.

В зачетную книжку студента и приложение к диплому выносятся оценка экзамена по дисциплине за 2 семестр.

Далее по тексту исходной РПД.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Дисциплина предусматривает лекции один раз в неделю, практические занятия один раз в две недели лабораторные работы одни раз в две недели во 2-м семестре. Изучение курса завершается экзаменом во 2-м семестре.

Далее по тексту исходной РПД.

Автор
доктор.техн.наук, профессор



В.В. Льготчиков

Зав. кафедрой ЭМС
канд.техн.наук, доцент



В.В. Рожков

Изменения и дополнения в РПД приняты на заседании кафедры ЭМС от 07.09.2016 года, протокол № 1.