



Негосударственное частное образовательное учреждение
высшего образования
«Технический университет УГМК»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ОРГАНИЗАЦИИ И
ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО
ДИСЦИПЛИНЕ**

**НАЛАДКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ**

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Профиль подготовки Электрооборудование и электрохозяйство горных и
промышленных предприятий
Уровень высшего образования бакалавриат
(бакалавриат, специалитет, магистратура)

Автор - разработчик: Бородин М. Ю., канд.техн.наук, доцент
Рассмотрено на заседании кафедры энергетики
Одобрено Методическим советом университета 30 июня 2021 г., протокол № 4

г. Верхняя Пышма
2021

Самостоятельная работа обучающихся включает изучение теоретического курса, подготовку к практическим занятиям, для студентов заочной формы обучения – выполнение контрольной работы. Методические указания к написанию контрольной работы разработаны отдельно и являются составной частью учебно-методического комплекса дисциплины. Самостоятельная работа обучающихся также включает все виды текущей аттестации.

Тематика самостоятельной работы

Раздел	Тема занятия
1	<ul style="list-style-type: none"> - Основные понятия и определения - Основные обратные связи в системах управления - Регулирование по отклонению и возмущению - Силовые преобразователи для питания электродвигателей постоянного и переменного тока, их достоинства и недостатки
2	Реализация обратных связей по регулируемым координатам в системе ТП-Д; расчет параметров объекта регулирования; наладка контура регулирования якорного тока на модульный оптимум (МО).
2	Наладка контура регулирования скорости электродвигателя на МО и симметричный оптимум (СО); ограничение якорного тока в системе подчиненного регулирования координат; влияние возмущающего воздействия на работу контура регулирования скорости
2	Формирование заданного ускорения в системе подчиненного регулирования; наладка задатчика интенсивности скорости; позиционный электропривод; наладка контура регулирования положения.
2	Особенности работы контура регулирования скорости в двухзонной системе; наладка контура регулирования скорости; зависимое токоограничение.
2	Расчет параметров регулятора тока якоря, реализация регулятора тока на операционном усилителе, моделирование контура регулирования якорного тока при настройке на МО.
2	Расчет параметров регулятора скорости при настройке контура регулирования на МО и СО, реализация регулятора скорости (РС) на операционном усилителе, особенности реализации РС в цифровых системах управления.
2	Расчет параметров задатчика интенсивности скорости (ЗИ) для реализации заданного ускорения, реализация ЗИ на операционных усилителях, особенности реализации ЗИ в цифровых системах управления, моделирование работы контура регулирования скорости.
2	<ul style="list-style-type: none"> - Какие требования предъявляются при наладке контура регулирования тока возбуждения (магнитного потока). - С какой целью в цепь обратной связи по току возбуждения включают фильтр и функциональный преобразователь, моделирующий кривую намагничивания двигателя. - Как реализуется функциональный преобразователь на операционном усилителе. - Как определить передаточную функцию регулятора тока возбуждения (магнитного потока). - Как реализуется обратная связь по ЭДС двигателя. - Как реализовать датчик ЭДС на операционном усилителе.

	<ul style="list-style-type: none"> - Как определить передаточную функцию регулятора ЭДС для наладки контура регулирования на МО. - Как осуществляется сохранение настройки контура регулирования ЭДС во второй зоне регулирования. - Какие характеристики (механические и электромеханические) обеспечиваются в системе двухзонного регулирования.
2	<ul style="list-style-type: none"> - Схемы замещения фазы статора АД. Параметры схемы замещения, - Законы частотного регулирования скорости в системе ПЧ-АД. - Какие механические характеристики обеспечиваются при выбранном законе частотного регулирования. - Чем определяется выбор необходимого закона частотного регулирования. - Какие системы регулирования скорости вращения АД применяются в системе ПЧ – АД.
2	<ul style="list-style-type: none"> - Понятие оптимального переходного процесса, - Что такое настройка на модульный оптимум - Показатели качества регулирования при настройке на модульный оптимум. - Принцип построения систем подчиненного регулирования. - Чем определяется быстродействие контура регулирования при настройке на МО. - Вывод передаточной функции регулятора для настройки на модульный оптимум.
2	<ul style="list-style-type: none"> - Как реализуются обратные связи по основным регулируемым координатам в системе ТП-Д. - Что является объектом регулирования в системе ТП-Д. - Как рассчитываются параметры объекта регулирования. - Какие допущения применяются при настройке контура регулирования якорного тока. - Как определить передаточную функцию регулятора тока при настройке на модульный оптимум. - Реализация регулятора тока якоря на операционном усилителе. - Показатели качества динамики контура регулирования якорного тока, настроенного на модульный оптимум. - Как изменяются переходные процессы при отклонении от настройки на МО.
2	<ul style="list-style-type: none"> - Какие возмущающие воздействия действуют в системе электропривода. - Какое влияние оказывает внутренняя обратная связь по ЭДС электродвигателя на работу контура регулирования якорного тока. - Какое влияние оказывает режим прерывистого тока на работу контура регулирования тока якоря. - Какие способы применяют для компенсации влияния возмущений на работу контура регулирования якорного тока. - Как определить передаточные функции компенсирующих звеньев.
2	<ul style="list-style-type: none"> - Объект регулирования в системе двухзонного регулирования скорости. - Как рассчитать параметры объекта регулирования в системе двухзонного регулирования. - Какие особенности необходимо учитывать при наладке контура регулирования скорости. - Как осуществляется неизменность настройки контура регулирования скорости во второй зоне регулирования. - Как реализуется зависимое токоограничение в контуре регулирования скорости.
2	<ul style="list-style-type: none"> - Как формируется заданное ускорение электропривода в системе подчиненного регулирования.

	<ul style="list-style-type: none"> - Функциональная схема задатчика интенсивности скорости (ЗИС). - Режимы работы ЗИС. - Что такое позиционный электропривод. - Какие требования предъявляются к системе управления позиционным электроприводом - Какие режимы работы возможны в позиционной СУЭП. - Как определить передаточную функцию регулятора положения. - Характеристик регулятора положения для обеспечения настройки контура регулирования положения при отработке заданного перемещения. - Реализация регулятора положения на операционном усилителе.
2	<ul style="list-style-type: none"> - Как определить передаточную функцию регулятора скорости для настройки контура регулирования скорости на МО. - Реализация регулятора скорости на операционном усилителе при настройке на МО. - Как выполняется ограничение момента (якорного тока) в системе подчиненного регулирования. - Какие статические характеристики (электромеханические и механические) обеспечивает настройка контура регулирования скорости на МО. - Пуск под отсечку - Реакция системы регулирования скорости при настройке на МО на возмущающее воздействие. - Что означает настройка контура регулирования скорости на симметричный оптимум. - Как определить передаточную функцию регулятора скорости для настройки на СО. - Какие статические характеристики (электромеханические и механические) обеспечивает настройка контура регулирования скорости на СО. - Реакция системы регулирования на СО на возмущающее воздействие.
3	Реализация обратных связей по основным регулируемым координатам; координатные преобразователи в системе векторного управления; структурная схема системы ПЧ-АД.
3	Наладка контуров регулирования тока статора; наладка контуров регулирования потокосцепления ротора и скорости вращения АД.
3	Расчет параметров и настройка функционального преобразователя в системе скалярного управления.
3	Расчет параметров объекта регулирования (ПЧ-АД), расчет параметров контурных регуляторов, наладка контурных регуляторов
3	<ul style="list-style-type: none"> - Зачем в системах скалярного управления применяют функциональный преобразователь. - В чем заключается выбор характеристики функционального преобразователя. - Как выполняется наладка функционального преобразователя. - Какие характерные точки можно выделить на характеристике функционального преобразователя. - Достоинства и недостатки систем скалярного управления. - Компенсация падения напряжения на активном сопротивлении статора (IR – компенсация). - Компенсация скольжения в системе скалярного управления. - Система скалярного управления с обратными связями по току статора. - Токовая отсечка в системе скалярного управления. - Вид механических характеристик в системе скалярного управления с обратными связями по току статора.

	<ul style="list-style-type: none"> - Система скалярного управления с обратной связью по скорости вращения двигателя. - Вид механических характеристик в системе скалярного управления с обратной связью по скорости. - Система частотно - токового скалярного управления. - Наладка функционального преобразователя в системе частотно – токового скалярного управления.
3	<ul style="list-style-type: none"> - Принцип построения системы векторного регулирования в системе ПЧ-АД. - Понятие обобщенного (пространственного) вектора. - Системы координат неподвижная и вращающаяся, необходимость их применения в системе векторного управления. - Переход между системами координат. - Формирование момента электродвигателя в системе векторного регулирования. - Реализация обратных связей по регулируемым координатам в системе векторного регулирования. - Объект регулирования в системе ПЧ-АД. - Расчет параметров объекта регулирования в системе векторного регулирования. - Структурная схема системы ПЧ-АД в системе координат, ориентированной по вектору потокосцепления ротора.
3	<ul style="list-style-type: none"> - Функциональная схема системы векторного регулирования. - Расчет передаточной функции регулятора тока статора при наладке на МО. - Наладка контура регулирования тока статора по оси X. - Наладка контура регулирования тока статора по оси Y. - Расчет токов статора в неподвижной и вращающейся системах координат. - Компенсация перекрестных связей по ЭДС в системе векторного регулирования. - Расчет величины потокосцепления ротора. - Наладка контура регулирования потокосцепления ротора, расчет передаточной функции регулятора потока. - Расчет передаточной функции регулятора скорости при наладке на МО. - Ограничение момента на валу двигателя в системе векторного регулирования. - Наладка контура регулирования скорости в системе векторного управления. - Вид механических характеристик при различных настройках контура регулирования скорости. - Достоинства и недостатки систем векторного регулирования в системе ПЧ-АД. - Реакция системы векторного регулирования на возмущающие воздействия. - Функции защиты и управления, реализованные в современных системах векторного регулирования. - Наладка контурных регуляторов в электроприводах с микропроцессорным управлением (параметрирование).
4	<p>Особенности эксплуатации аналоговых и цифровых систем управления; помехозащищенность информационных цепей; электромагнитная совместимость комплектных электроприводов с цифровыми системами управления.</p>
4	<ul style="list-style-type: none"> - Основы положения «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей». - Понятие электромагнитной совместимости электроприводов. - Выполнение требований электромагнитной совместимости при монтаже, наладке и эксплуатации современных комплектных электроприводов.

- Помехозащищенность информационных цепей в системах управления электроприводов.
--

Самостоятельная работа №1.

Тема: Основные понятия и определения. Основные обратные связи в системах управления. Регулирование по отклонению и возмущению. Силовые преобразователи для питания электродвигателей постоянного и переменного тока, их достоинства и недостатки.

Проработка конспекта и самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы, а также открытых интернет-источников по предоставленным темам.

Самостоятельная работа №2.

Тема: Понятие оптимального переходного процесса; построение системы подчиненного регулирования координат электропривода; определение передаточной функции контурного регулятора для настройки на модульный оптимум.

Проработка конспекта и самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы, а также открытых интернет-источников по предоставленной теме.

Самостоятельная работа №3.

Тема: Влияние противо ЭДС двигателя и режима прерывистых токов на работу токового контура, настроенного на МО; способы компенсации их влияния.

Проработка конспекта и самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы, а также открытых интернет-источников по предоставленной теме.

Самостоятельная работа №4.

Тема: Формирование заданного ускорения в системе подчиненного регулирования; наладка задатчика интенсивности скорости; позиционный электропривод; наладка контура регулирования положения.

Проработка конспекта и самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы, а также открытых интернет-источников по предоставленной теме.

Самостоятельная работа №5.

Тема: Особенности работы контура регулирования скорости в двухзонной системе; наладка контура регулирования скорости; зависимое токоограничение.

Проработка конспекта и самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы, а также открытых интернет-источников по предоставленной теме.

Самостоятельная работа №6.

Тема: Особенности реализации регулятора скорости в двухзонной системе управления, реализация РС в цифровой системе управления.

Проработка конспекта и самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы, а также открытых интернет-источников по предоставленной теме.

Самостоятельная работа №7.

Тема: Какие требования предъявляются при наладке контура регулирования тока возбуждения (магнитного потока). С какой целью в цепь обратной связи по току возбуждения включают фильтр и функциональный преобразователь, моделирующий кривую намагничивания двигателя. Как реализуется функциональный преобразователь на операционном усилителе. Как определить передаточную функцию регулятора тока возбуждения (магнитного потока). Как реализуется обратная связь по ЭДС двигателя. Как реализовать датчик ЭДС на операционном усилителе. Как определить передаточную функцию регулятора ЭДС для наладки контура регулирования на МО. Как осуществляется сохранение настройки контура регулирования ЭДС во второй зоне регулирования. Какие характеристики (механические и электромеханические) обеспечиваются в системе двухзонного регулирования.

Проработка конспекта и самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы, а также открытых интернет-источников по предоставленным темам.

Самостоятельная работа №8.

Тема: Схемы замещения фазы статора АД. Параметры схемы замещения. Законы частотного регулирования скорости в системе ПЧ-АД. Какие механические характеристики обеспечиваются при выбранном законе частотного регулирования. Чем определяется выбор необходимого закона частотного регулирования. Какие системы регулирования скорости вращения АД применяются в системе ПЧ – АД.

Проработка конспекта и самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы, а также открытых интернет-источников по предоставленным темам.

Самостоятельная работа №9.

Тема: Понятие оптимального переходного процесса. Что такое настройка на модульный оптимум. Показатели качества регулирования при настройке на модульный оптимум. Принцип построения систем подчиненного регулирования. Чем определяется быстродействие контура регулирования при настройке на МО. Вывод передаточной функции регулятора для настройки на модульный оптимум.

Проработка конспекта и самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы, а также открытых интернет-источников по предоставленным темам.

Самостоятельная работа №10.

Тема: Как реализуются обратные связи по основным регулируемым координатам в системе ТП-Д. Что является объектом регулирования в системе ТП-Д. Как рассчитываются параметры объекта регулирования. Какие допущения применяются при настройке контура регулирования якорного тока. Как определить передаточную функцию регулятора тока при настройке на модульный оптимум. Реализация регулятора тока якоря на операционном усилителе. Показатели качества динамики контура регулирования якорного тока, настроенного на модульный оптимум. Как изменяются переходные процессы при отклонении от настройки на МО.

Проработка конспекта и самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы, а также открытых интернет-источников по предоставленным темам.

Самостоятельная работа №11.

Тема: Какие возмущающие воздействия действуют в системе электропривода. Какое влияние оказывает внутренняя обратная связь по ЭДС электродвигателя на работу контура регулирования якорного тока. Какое влияние оказывает режим прерывистого тока на работу контура регулирования тока якоря. Какие способы применяют для компенсации влияния возмущений на работу контура регулирования якорного тока. Как определить передаточные функции компенсирующих звеньев.

Проработка конспекта и самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы, а также открытых интернет-источников по предоставленным темам.

Самостоятельная работа №12.

Тема: Объект регулирования в системе двухзонного регулирования скорости. Как рассчитать параметры объекта регулирования в системе двухзонного регулирования. Какие особенности необходимо учитывать при наладке контура регулирования скорости. Как осуществляется неизменность настройки контура регулирования скорости во второй зоне регулирования. Как реализуется зависимое токоограничение в контуре регулирования скорости.

Проработка конспекта и самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы, а также открытых интернет-источников по предоставленным темам.

Самостоятельная работа №13.

Тема: Как формируется заданное ускорение электропривода в системе подчиненного регулирования. Функциональная схема задатчика интенсивности скорости (ЗИС). Режимы работы ЗИС. Что такое позиционный электропривод. Какие требования предъявляются к системе управления позиционным электроприводом. Какие режимы работы возможны в позиционной СУЭП. Как определить передаточную функцию регулятора положения. Характеристик регулятора положения для обеспечения настройки контура регулирования

положения при обработке заданного перемещения. Реализация регулятора положения на операционном усилителе.

Проработка конспекта и самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы, а также открытых интернет-источников по предоставленным темам.

Самостоятельная работа №14.

Тема: Как определить передаточную функцию регулятора скорости для настройки контура регулирования скорости на МО. Реализация регулятора скорости на операционном усилителе при настройке на МО. Как выполняется ограничение момента (якорного тока) в системе подчиненного регулирования. Какие статические характеристики (электромеханические и механические) обеспечивает настройка контура регулирования скорости на МО. Пуск под отсечку. Реакция системы регулирования скорости при настройке на МО на возмущающее воздействие. Что означает настройка контура регулирования скорости на симметричный оптимум. Как определить передаточную функцию регулятора скорости для настройки на СО. Какие статические характеристики (электромеханические и механические) обеспечивает настройка контура регулирования скорости на СО. Реакция системы регулирования на СО на возмущающее воздействие.

Проработка конспекта и самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы, а также открытых интернет-источников по предоставленным темам.

Самостоятельная работа №15.

Тема: Особенности работы АД от ПЧ; законы частотного регулирования скорости АД; механические характеристики АД при различных законах регулирования.

Проработка конспекта и самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы, а также открытых интернет-источников по предоставленной теме.

Самостоятельная работа №16.

Тема: Наладка контуров регулирования тока статора; наладка контуров регулирования потокосцепления ротора и скорости вращения АД.

Проработка конспекта и самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы, а также открытых интернет-источников по предоставленной теме.

Самостоятельная работа №17.

Тема: Понятие параметров и параметрирования силовых преобразователей с цифровой системой регулирования.

Проработка конспекта и самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы, а также открытых интернет-источников по предоставленной теме.

Самостоятельная работа №18.

Тема: Зачем в системах скалярного управления применяют функциональный преобразователь. В чем заключается выбор характеристики функционального преобразователя. Как выполняется наладка функционального преобразователя. Какие характерные точки можно выделить на характеристике функционального преобразователя. Достоинства и недостатки систем скалярного управления. Компенсация падения напряжения на активном сопротивлении статора (IR – компенсация). Компенсация скольжения в системе скалярного управления. Система скалярного управления с обратными связями по току статора. Токоточная отсечка в системе скалярного управления. Вид механических характеристик в системе скалярного управления с обратными связями по току статора. Система скалярного управления с обратной связью по скорости вращения двигателя. Вид механических характеристик в системе скалярного управления с обратной связью по скорости. Система частотно - токового скалярного управления. Наладка функционального преобразователя в системе частотно – токового скалярного управления.

Проработка конспекта и самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы, а также открытых интернет-источников по предоставленным темам.

Самостоятельная работа №19.

Тема: Принцип построения системы векторного регулирования в системе ПЧ-АД. Понятие обобщенного (пространственного) вектора. Системы координат неподвижная и вращающаяся, необходимость их применения в системе векторного управления. Переход между системами координат. Формирование момента электродвигателя в системе векторного регулирования. Реализация обратных связей по регулируемым координатам в системе векторного регулирования. Объект регулирования в системе ПЧ-АД. Расчет параметров объекта регулирования в системе векторного регулирования. Структурная схема системы ПЧ-АД в системе координат, ориентированной по вектору потокосцепления ротора.

Проработка конспекта и самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы, а также открытых интернет-источников по предоставленным темам.

Самостоятельная работа №20.

Тема: Функциональная схема системы векторного регулирования. Расчет передаточной функции регулятора тока статора при наладке на МО. Настройка контура регулирования тока статора по оси X. Настройка контура регулирования тока статора по оси Y. Расчет токов статора в неподвижной и вращающейся системах координат. Компенсация перекрестных связей по ЭДС в системе векторного регулирования. Расчет величины потокосцепления ротора. Настройка контура регулирования потокосцепления ротора, расчет передаточной функции регулятора потока. Расчет передаточной функции регулятора скорости при наладке на МО. Ограничение момента на валу двигателя в системе векторного регулирования. Настройка контура регулирования скорости в системе векторного управления. Вид механических характеристик при различных настройках контура регулирования скорости. Достоинства и недостатки систем векторного регулирования в системе ПЧ-АД. Реакция системы векторного регулирования на возмущающие воздействия. Функции защиты и управления, реализованные в современных системах векторного регулирования. Настройка контурных регуляторов в электроприводах с микропроцессорным управлением (параметрирование).

Проработка конспекта и самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы, а также открытых интернет-источников по предоставленным темам.

Самостоятельная работа №21.

Тема: Понятие электромагнитной совместимости электроприводов. Выполнение требований электромагнитной совместимости при монтаже, наладке и эксплуатации современных комплектных электроприводов. Помехозащищенность информационных цепей в системах управления электроприводов.

Проработка конспекта и самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы, а также открытых интернет-источников по предоставленным темам.