

Автор: Алиева Е.Н. преподаватель учреждения образования
«Могилевский государственный политехнический колледж»

Рецензент: Комоза Т.Ф. преподаватель учреждения образования
«Могилевский государственный политехнический колледж»

Разработано на основе учебной программы по учебному предмету профессионального компонента учебного плана учреждения образования по специальности 2-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» для реализации образовательной программы среднего специального образования, обеспечивающей получение квалификации специалиста со средним специальным образованием, утвержденной директором колледжа, 2022

Обсуждено и одобрено на заседании
цикловой комиссии электротехнических предметов

Протокол № _____ от _____

Председатель цикловой комиссии

_____ Т.Ф.Комоза

Пояснительная записка

Учебный предмет «Наладка и диагностика электроприводов» ставит своей целью привить учащимся навыки наладки и диагностики систем управления электроприводами, а также предусматривает изучение наладочного оборудования и подбор его в соответствии с выполняемыми работами.

Изучение курса «Наладка и диагностика электроприводов» базируется на следующих учебных предметах: «Основы электропривода», «Электрические измерения», «Основы автоматики и микропроцессорной техники», «Электрические машины», «Основы электронной техники», «Силовая преобразовательная техника», «Системы автоматического управления электроприводами», «Охрана труда».

Для закрепления теоретических знаний и приобретения необходимых практических навыков и умений, программой учебного предмета предусматривается проведение практических работ, которые целесообразно выполнять после изучения соответствующих тем.

При изложении учебного предмета необходимо использовать технические средства обучения, демонстрацию образцов изделий, что облегчает процесс усвоения материала.

В результате изучения учебного предмета учащиеся должны знать на уровне представления:

основы построения и элементной базы электроприводов;

алгоритмы выполнения наладочных работ;

знать на уровне понимания:

схемотехнику и методы наладки электроприводов металлообрабатывающего оборудования;

методы расчета показателей надежности систем;

основные причины возникновения неполадок;

уметь:

выполнять наладку узлов и систем различных видов электроприводов;

читать электрические схемы электроприводов;

выполнять правила эксплуатационного обслуживания систем управления приводами;

пользоваться диагностической и наладочной аппаратурой;

пользоваться справочной литературой;

устранять характерные неисправности в узлах и блоках электроприводов;

обеспечивать выполнение требований охраны труда при выполнении наладочных и диагностических работ с электроприводами

Для контроля и коррекции знаний учащихся предусматривается проведение двух домашних контрольных работ, выполнение курсового проекта, проведение экзамена.

Общие методические рекомендации по выполнению домашней контрольной работы № 2

Домашняя контрольная работа № 2 включает в себя 100 вариантов, каждый из которых определяется по двум последним цифрам шифра учащегося в таблице 1. Вариант включает в себя 5 заданий.

При выполнении домашней контрольной работы необходимо руководствоваться следующими требованиями:

- в начале работы указывается номер варианта;
- домашняя контрольная работа должна быть аккуратно оформлена, написана разборчивым почерком, ее страницы должны быть пронумерованы, иметь поля для замечаний рецензента; в конце работы ставится дата и подпись учащегося;
- объем домашней контрольной работы – приблизительно 20 страницы школьной тетради;
- в конце работы приводится список используемых источников, оформленный в соответствии с требованиями СТУ 01-32-2019. Стандарт учреждения. Общие требования к оформлению текстовых документов (автор, название, место издания, издательство, год издания);
- кроме учебников и учебных пособий следует обязательно ознакомиться с дополнительной литературой, объяснить теоретические положения на практических примерах из дополнительной литературы или на фактах работы конкретных организаций;
- решение задач должно иметь объяснение последовательности выполняемых действий и обоснованные выводы. Задачи без пояснений будут считаться нерешенными;
- домашняя контрольная работа должна быть выполнена и сдана на проверку в установленный учебным графиком срок;
- выполненную работу учащийся предоставляет на рецензирование на заочное отделение. После проверки в соответствии с замечаниями рецензента учащийся вносит исправления в работу;
- учащийся, не получивший зачет по домашней контрольной работе, не допускается к экзамену.

Критерии оценки домашней контрольной работы № 2

Домашняя контрольная работа оценивается отметкой «зачтено», если правильно выполнено 75% задания, но имеются недоработки, а именно:

- ход решения задачи верный, но имеется математическая ошибка в одной задаче или отсутствует ответ и вывод;
- имеются нарушения в оформлении работы.

Домашняя контрольная работа оценивается отметкой «не зачтено», если:

- работа выполнена не в соответствии с шифром;
- отсутствуют обоснования формул и пояснения по решению задачи;
- неправильно выполнены два задания из пяти.

Учебная программа учебного предмета

Раздел 9 Наладка и эксплуатация бесконтактных систем управления

Тема 9.1 Особенности бесконтактных систем управления электроприводами

Основные понятия. Особенности. Операции проверки. Тестирование. Проверка бесконтактных систем управления (БСУ) на функционирование. Основные этапы наладочных работ БСУ. Методика наладки простых и сложных БСУ. Возможные неисправности. Комплексная настройка БСУ

Литература: [1], с.82-88

Тема 9.2 Контрольно-испытательное оборудование

Назначение и принцип действия контрольно-испытательного оборудования (КИО) для устройств БСУ. Устройства для проверки ячеек (УПЯ). Устройства для проверки блоков (УПБ). Индикатор логических сигналов

Литература: [9], с.181-195

Тема 9.3 Методы повышения помехоустойчивости бесконтактных систем управления

Наладка помехоустойчивости бесконтактных систем управления (БСУ) электроприводов (ЭП). Помехи в системах. Причины возникновения. Методы повышения помехоустойчивости. Радиальная схема питания. Схема сетевых фильтров. Основные мероприятия для снижения уровня помех

Литература: [9], с. 251-262

Вопросы для самоконтроля

- 1 Перечислите особенности БСУ ЭП
- 2 Выделите этапы методики наладки простых и сложных БСУ
- 3 Поясните характеристики унифицированной блочной системы регуляторов на дискретных интегральных элементах (УБСР-ДИ)
- 4 Перечислите причины возникновения помех в БСУ
- 5 Опишите методы повышения помехоустойчивости

6 Поясните суть основных мероприятий для снижения уровня помех

Раздел 10 Наладка и эксплуатация следящих электроприводов

Тема 10.1 Особенности построения следящих электроприводов

Классификация и особенности построения, следящих электроприводов. Типовая структура следящих электроприводов станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Требования к наладке следящих систем. Этапы наладки

Литература: [5], с.113-119
[2], с.30-36

Тема 10.2 Диагностика следящих электроприводов

Следящие электроприводы. Контуры регулирования тока, напряжения и положения. Переходные процессы в контуре положения. Коэффициенты усиления.

Настройка контуров положения следящих электроприводов на различных скоростях. Анализ возмущающего воздействия. Коррекция параметров контуров регулирования. Диагностика обнаружения неисправностей в работе следящих электроприводов

Литература: [5], с.119-121
[2], с.38-36

Вопросы для самоконтроля

- 1 Классифицируйте следящие электроприводы
- 2 Поясните суть требований к наладке следящих электроприводов
- 3 Охарактеризуйте основные этапы настройки контура положения следящего электропривода

Список используемых источников

1 СТУ 01-32-2019. Стандарт учреждения. Общие требования к оформлению текстовых документов.

2 Анхимюк, Н.Н. Теория автоматического управления / Н.Н.Анхимюк, В.П.Опейко. – Москва: Высшая школа, 2000. – 305 с.

3 Государственные стандарты СССР. Правила выполнения схем. – Москва: Издательство стандартов, 1987. – 137 с.

4 Михайлов, О.П. Автоматизированный электропривод станков и промышленных роботов / О.П.Михайлов. – Москва: Машиностроение, 1990. – 304 с.

5 Москаленко, В.В. Электрический привод: учебное пособие / В.В.Москаленко. – Москва: Высшая школа, 2000. – 368 с.

6 Опадчий, Ю.Ф. Аналоговая и цифровая электроника: учебник / Ю.Ф.Опадчий, О.П.Глудкан, А.Н.Туров. – Москва: Горячая линия - Телеком, 2000. – 768 с.

7 Правила технической эксплуатации и техники безопасности электроустановок потребителей. – Алматы: Капитал, 2016. – 103 с.

8 Рипс, Я.А. Анализ и расчет надежности систем управления ЭП / Я.А.Рипс, Б.А.Савельев. – Москва: Высшая школа, 1992. – 320 с.

9 Справочник по наладке электрооборудования промышленных предприятий / под редакцией М.Г.Зименкова, Г.В.Розенберга. - 3-е издание, переработанное и дополненное. – Москва: Энергоатомиздат, 1993. – 480 с.

10 Справочник по автоматизированному электроприводу / под редакцией В.А.Едисеева, А.В.Шиняпского. - 3-е издание переработанное и дополненное. – Москва: Энергоатомиздат, 1993. – 616 с.

Перечень примерных вопросов к экзамену по учебному предмету «Наладка и диагностика электроприводов»

- 1 Раскройте понятие наладочных работ и их содержание
- 2 Сформируйте представление о проекте организации наладочных работ
- 3 Раскройте содержание сдачи-приемки выполненных наладочных работ
- 4 Опишите порядок выполнения наладочных работ, работы, производимые вне зоны монтажа
- 5 Опишите работы, производимые одновременно с монтажом
- 6 Опишите введение режима эксплуатации
- 7 Раскройте содержание техники безопасности и требований к наладочному персоналу
- 8 Раскройте общие правила техники безопасности при выполнении наладочных работ
- 9 Перечислите основные характеристики надежности ЭП
- 10 Назовите виды отказов и раскройте причины их возникновения
- 11 Раскройте показатели надежности: вероятность безотказной работы $P(t)$, долговечность
- 12 Раскройте показатели надежности: интенсивность отказов (t) , средняя наработка до отказа
- 13 Сформируйте понятие о методах расчета на надежность. От каких факторов зависит надежная работа систем управления.
- 14 Сформируйте понятие о методах расчета по среднегрупповым значениям интенсивности отказов.
- 15 Раскройте понятие коэффициентного метода расчета надежности
- 16 Раскройте понятие сравнительной оценки методов определения надежности. Преимущества коэффициентного метода
- 17 Раскройте понятие анализа и учета режимов работы элементов и влияния условий окружающей среды
- 18 Охарактеризуйте пути повышения надежности типовых элементов систем управления электроприводами.
- 19 Приведите классификацию способов резервирования
- 20 Раскройте принцип общего резервирования
- 21 Раскройте принцип отдельного резервирования
- 22 Раскройте принцип постоянного резервирования
- 23 Раскройте принцип резервирования замещением
- 24 Опишите содержание объема приемо-сдаточных испытаний

- 25 Раскройте содержание подготовки пробного пуска
- 26 Раскройте содержание проверки машины на холостом ходу
- 27 Опишите измерение сопротивления изоляции мегомметрами
- 28 Опишите измерение прочности изоляции повышенным напряжением
- 29 Опишите определение полярности обмоток
- 30 Назовите подготовительные мероприятия перед проведением измерений и испытаний электрооборудования ЭП
- 31 Назовите основную техническую документацию, необходимую при проведении наладочных работ
- 433523328 Раскройте мероприятия проверки схем электрических соединений
- 433523329 Раскройте содержание проверки правильности монтажа
- 433523384 Раскройте содержание мероприятий по профилактике и выявлению неисправностей электрических машин
- 433523385 Составьте алгоритм наладки ЭП с релейно-контакторным управлением. Перечень подготовительных работ.
- 36 Составьте последовательность действий проверки сопротивления изоляции. Испытание электрической прочности изоляции.
- 37 Раскройте содержание мероприятий наладки цепей защиты вентильных преобразователей
- 38 Составьте последовательность действий при проверке и регулировке электромагнитных реле
- 39 Составьте последовательность действий при наладке автоматических выключателей серии АВМ
- 40 Опишите структуру системы автоматического регулирования. Механизм действия обратной связи. Виды обратных связей
- 41 Опишите датчики обратных связей. Датчик обратной связи по скорости. Образование токовых обратных связей по переменному и постоянному току
- 42 Опишите цели коррекции. Токоограничение
- 43 Опишите структурные схемы систем автоматического регулирования
- 44 Раскройте понятие оптимизации контуров регулирования
- 45 Сформулируйте задачи регуляторов. Принцип подчинения контуров
- 46 Назовите типы регуляторов. Динамические характеристики.
- 47 Раскройте содержание качественной оценки переходных

- процессов системы ЭП. Компенсация постоянных времени системы ЭП
- 48 Охарактеризуйте назначение корректирующих звеньев в системах автоматического управления. Практическая реализация коррекции.
- 49 Назовите активные корректирующие элементы. Преимущества и недостатки активных корректирующих элементов
- 50 Раскройте понятие регулируемый ЭП постоянного тока
Диапазон регулирования. Устойчивость ЭП
- 51 Опишите динамические характеристики регулируемого ЭП при возмущающем воздействии. Синтез системы ЭП постоянного тока
- 52 Сформулируйте требования, предъявляемые к электроприводам главного движения
- 53 Опишите методику особенности наладки реверсивных ЭП
- 53 Охарактеризуйте силовые схемы нереверсивных вентильных преобразователей. Объясните режимы работы схем выпрямления.
- 54 Опишите порядок наладки нереверсивных, вентильных преобразователей. Аппаратура для наладочных работ. Наладка схемы выпрямления, наладка силовой схемы преобразования
- 55 Укажите назначение СИФУ. Фазовые характеристики. Параметры импульсов
- 56 Составьте алгоритм наладки СИФУ
- 57 Опишите схемы и расчет фильтров СИФУ в случае сдвига фаз
- 58 Составьте алгоритм наладки защиты вентильных преобразователей
- 59 Опишите схемы реверсивного вентильного преобразователя с совместным управлением. Режимы работы
- 60 Опишите защиты в реверсивных вентильных преобразователях с совместным управлением. Методика наладок
- 61 Опишите схемы тиристорного преобразователя частоты на основе автономного инвертора
- 62 Охарактеризуйте системы защит тиристорного преобразователя частоты на основе автономного инвертора Наладка силовой схемы автономного инвертора напряжения.
- 63 Охарактеризуйте системы управления автономным инвертором. Раскройте принцип действия. Наладка системы управления
- 64 Охарактеризуйте схемы тиристорного преобразователя частоты с непосредственной связью. Силовые схемы. Принцип действия. Наладка силовой части схемы

65 Охарактеризуйте системы управления ТПЧН Основные узлы
Наладка системы управления ТПЧН

66 Опишите методику наладки регулятора скорости в системах подчиненного регулирования. Расчет параметров элементов схемы. Характеристики

67 Опишите методику наладки систем регулирования с обратной связью по напряжению. Методика расчета и выбор элементов схемы

68 Раскройте содержание поиска неисправностей в двухзонной системе регулирования

69 Сформулируйте законы регулирования в ЭП

70 Объясните настройку регулятора потока возбуждения в двухзонной системе регулирования

71 Назовите виды помех в системах регулирования. Катоде подавления помех

72 Раскройте содержание программы наладки, система защит и блокировки ЭП с релейно-контакторным управлением

73 Опишите методику наладки ЭП с релейно-контакторным управлением: проверки на функционирование отдельных узлов и всей системы в целом

74 Опишите методику наладки ЭП, настройка защит, выбор установки и коэффициентов усиления блоков ЭП с фазным ротором

75 Опишите особенности наладки бесконтактных систем управления электроприводами. Операция проверки. Тестирование. Проверка БСУ на функционирование.

76 Опишите методики наладки простых и сложных бесконтактных систем управления (БСУ)

77 Назовите контрольно-испытательное оборудование УБСР

78 Раскройте содержание требований к конструкции и монтажу устройств УБСР

79 Опишите методы повышения помехоустойчивости устройств УБСР. Схемы сетевых фильтров

80 Опишите особенности схем управления ТП при совместном и раздельном управлении.

81 Раскройте достоинства и недостатки ТП раздельным и совместным согласованным управлением комплектами тиристоров

82 Назовите состав и требования к ТП с раздельным управлением

83 Составьте методики проверки простых и сложных БСУ

84 Назовите основные этапы наладочных работ

85 Раскройте особенности следящих ЭП

- 86 Объясните назначение контура регулирования скорости в ЭП
- 87 Объясните назначение контура регулирования по току в ЭП
- 88 Опишите методику наладки ЭП постоянного тока
- 89 Проанализируйте требования к токовой защите и аппаратам защиты ЭП
- 90 Проанализируйте возможные неисправности в ЭП постоянного тока, причины их возникновения .

Задания на домашнюю контрольную работу № 2 по учебному предмету «Наладка и диагностика электроприводов»

В заданиях необходимо дать письменный ответ на вопрос в соответствии с таблицей вариантов

Теоретическая часть

Задание 1

- 1 Перечислите основные виды проверок в бесконтактных системах управления электроприводами
- 2 Раскройте содержание требований по наладке следящих систем электроприводов
- 3 Перечислите контрольно-измерительные приборы и аппаратуру необходимую для производства наладочных работ
- 4 Перечислите требования предъявляемые к аппаратам защиты
- 5 Поясните возможные неисправности бесконтактных систем управления электроприводов

Задание 2

- 1 Сформируйте основные понятия о бесконтактных системах управления электроприводами, выделите их особенности
- 2 Опишите цели наладочных работ, мероприятия при подготовке к выполнению наладочных работ
- 3 Перечислите виды помех в бесконтактных системах управления , поясните причины их возникновения

4 Предложите алгоритм наладки бесконтактных систем управления, опираясь на основные этапы диагностирования наладки бесконтактных систем управления

5 Опишите методику подавления помех бесконтактных системах управления

Задание 3

1 Опишите методику диагностирования следящих электроприводов

2 Опишите этапы наладки следящих электроприводов

2 Поясните суть подчиненного регулирования

3 Выполните анализ возмущающего воздействия в следящих электроприводах

4 Раскройте особенности диагностики обнаружения неисправностей в работе следящих электроприводов

5 Объясните настройку контуров положения следящих электроприводов на различных скоростях

Задание 4

1 Укажите назначение и перечень контрольно-испытательного оборудования (КИО) для устройств бесконтактных систем регулирования

2 Сформулируйте задачи регуляторов. Перечислите типы регуляторов

3 Раскройте содержание комплексной настройка бесконтактных систем управления

4 Раскройте содержание мероприятий по проверке бесконтактных систем управления (БСУ) на функционирование

5 Приведите классификацию и опишите особенности построения следящих электроприводов

Практическая часть

Задание 5

Выполните построение типовой электрической принципиальной системы электропривода переменного тока с двухзонным регулированием и включением тиристоров для реверсивного

управления, предусмотрите необходимые защиты в силовой цепи и цепи управления, опишите принцип работы схемы, произведите выбор электродвигателя в соответствии со справочными данными и элементов схемы силовой цепи и цепи управления в соответствии с вариантом:

1 Выполните выбор трёхфазного электродвигателя переменного тока по справочным данным, произведите расчёт и выбор тиристорных преобразователе силовой цепи (правила выбора тиристорov см. Приложение А)

2 Выполните выбор трёхфазного электродвигателя переменного тока по справочным данным, произведите расчёт и выбор аппаратов защиты силовой цепи и цепи управления (правила выбора аппаратов защиты см. Приложение Б)

Таблица 1 - Варианты заданий на домашнюю контрольную работу № 2 по учебному предмету «Наладка и диагностика электроприводов»

№ Шифра	Задание 1	Задание 2	Задание 3	Задание 4	Задание 5		
	№ варианта задания	Усети, В	Рдв, кВт				
1	3	1	2	5	1	380	0,25
2	4	2	3	1	2	380	0,5
3	5	3	4	2	1	380	0,75
4	1	4	5	3	2	380	1
5	2	5	1	4	1	380	1,25
6	3	1	2	5	2	380	1,5
7	4	2	3	1	1	380	1,75
8	5	3	4	2	2	380	2
9	1	4	5	3	1	380	2,25
10	2	5	1	4	2	380	2,5
11	3	1	2	5	1	380	2,75
12	4	2	3	1	2	380	3
13	5	3	4	2	1	380	3,25
14	1	4	5	3	2	380	3,5
15	2	5	1	4	1	380	3,75
16	3	1	2	5	2	380	4
17	4	2	3	1	1	380	4,25
18	5	3	4	2	2	380	4,5
19	1	4	5	3	1	380	4,75
20	2	5	1	4	2	380	5
21	3	1	2	5	1	380	5,5
22	4	2	3	1	2	380	6
23	5	3	4	2	1	380	6,5
24	1	4	5	3	2	380	7
25	2	5	1	4	1	380	7,5
26	3	1	2	5	2	380	0,25

27	4	2	3	1	1	380	0,5
28	5	3	4	2	2	380	0,75
29	1	4	5	3	1	380	1
30	2	5	1	4	2	380	1,25
31	3	1	2	5	1	380	1,5
32	4	2	3	1	2	380	1,75
33	5	3	4	2	1	380	2
34	1	4	5	3	2	380	2,25
35	2	5	1	4	1	380	2,5
36	3	1	2	5	2	380	2,75
37	4	2	3	1	1	380	3
38	5	3	4	2	2	380	3,25

Продолжение таблицы 1

№ Шифра	Задание 1	Задание 2	Задание 3	Задание 4	Задание 5		
	№ варианта задания	Усети, В	Рдв, кВт				
39	3	4	5	1	1	380	3,5
40	4	5	1	2	2	380	3,75
41	5	1	2	3	1	380	4
42	1	2	3	4	2	380	4,25
43	2	3	4	5	1	380	4,5
44	3	4	5	1	2	380	4,75
45	4	5	1	2	1	380	5
46	5	1	2	3	2	380	5,5
47	1	2	3	4	1	380	6
48	2	3	4	5	2	380	6,5
49	3	4	5	1	1	380	7
50	4	5	1	2	2	380	7,5
51	5	1	2	3	1	380	0,25
52	1	2	3	4	2	380	0,5
53	2	3	4	5	1	380	0,75
54	3	4	5	1	2	380	1
55	4	5	1	2	1	380	1,25
56	5	1	2	3	2	380	1,5
57	1	2	3	4	1	380	1,75
58	2	3	4	5	2	380	2
59	3	4	5	1	1	380	2,25
60	4	5	1	2	2	380	2,5
61	5	1	2	3	1	380	2,75
62	1	2	3	4	2	380	3
63	2	3	4	5	1	380	3,25
64	3	4	5	1	2	380	3,5
65	4	5	1	2	1	380	3,75
66	5	1	2	3	2	380	4

67	1	2	3	4	1	380	4,25
68	2	3	4	5	2	380	4,5
69	3	4	5	1	1	380	4,75
70	4	5	1	2	2	380	5
71	5	1	2	3	1	380	5,5
72	1	2	3	4	2	380	6
73	2	3	4	5	1	380	6,5
74	3	4	5	1	2	380	7
75	4	5	1	2	1	380	7,5
76	5	1	2	3	2	380	0,25
77	1	2	3	4	1	380	0,5
78	2	3	4	5	2	380	0,75

Продолжение таблицы 1

№ Шифра	Задание 1	Задание 2	Задание 3	Задание 4	Задание 5		
	№ варианта задания	Усети, В	Рдв, кВт				
79	1	4	5	3	1	380	1
80	2	5	1	4	2	380	1,25
81	3	1	2	5	1	380	1,5
82	4	2	3	1	2	380	1,75
83	5	3	4	2	1	380	2
84	1	4	5	3	2	380	2,25
85	2	5	1	4	1	380	2,5
86	3	1	2	5	2	380	2,75
87	4	2	3	1	1	380	3
88	5	3	4	2	2	380	3,25
89	1	4	5	3	1	380	3,5
90	2	5	1	4	2	380	3,75
91	3	1	2	5	1	380	4
92	4	2	3	1	2	380	4,25
93	5	3	4	2	1	380	4,5
94	1	4	5	3	2	380	4,75
95	2	5	1	4	1	380	5
96	3	1	2	5	2	380	5,5
97	4	2	3	1	1	380	6
98	5	3	4	2	2	380	6,5
99	1	4	5	3	1	380	7
100	2	5	1	4	2	380	7,5

Приложение А
(информационное)

Расчет и выбор тиристор

Выбор тиристор по упрощенной методике осуществляется по номинальному току через тиристор и величине обратного напряжения.

Номинальный ток через тиристор $I_{Т\text{ ном}}$, А, должен удовлетворить условию

$$I_{Т\text{ ном}} \geq K_{зи} \cdot I_{Т} \quad I_{Т\text{ ном}} \geq K_{зи} \cdot I_{Т}, \quad (1)$$

где $K_{зи}$ - коэффициент запаса по току;

$$K_{зи} = 2$$

$I_{Т}$ - допустимое значение тока через тиристор, А.

Допустимое значение тока через тиристор определяется по формуле

$$I_{Т} = K_i \cdot I_{НОМ} \quad I_{Т} = K_i \cdot I_{НОМ} \quad (2)$$

Вторым условием для выбора тиристоров по току является

$$I_{Т\text{ ном}} \geq I_{кз} / 15 \quad I_{Т\text{ ном}} \geq I_{кз} / 15, \quad \text{нб} \quad (3)$$

где $I_{кз}$ - ток короткого замыкания, А.

Ток короткого замыкания (в случае схемы с анодным реактором $I_{кз}$ уже определен) определяется по формуле

$$I_{кз} = \frac{I_{2\phi\text{ ном}} \cdot 100\%}{U_{кз}\%}, \quad (17)$$

(4)

где $U_{кз}\%$ - напряжение короткого замыкания, %;

$$U_{кз} = 5-10\%$$

Величина обратного напряжения $U_{Т\text{ обр}}$, В, определяется по формуле

$$U_{Т\text{ обр}} = K_{U\text{ обр}} \cdot K_{зU} \cdot U_{НОМ\text{ дв.}} \quad U_{Т\text{ обр}} = K_{U\text{ обр}} \cdot K_{зU} \cdot U_{НОМ\text{ дв.}}, \quad (5)$$

где $K_{U\text{ обр}}$ - коэффициент схемы, учитывающий соотношение напряжений (однофазная мостовая - 1,57, трехфазная нулевая - 2,10, трехфазная мостовая - 1,10);

$K_{зU}$ - коэффициент запаса по напряжению;

$$K_{зU} = 1,1$$

На основании произведенных расчетов по справочной литературе производится выбор тиристоров.

Расчет и выбор элементов защиты

Для защиты электроприводов (ЭП) применяются следующие элементы:

- автоматический выключатель;
- предохранители;
- РС-цепи;

Автоматический выключатель применяется для автоматического отключения сетевого напряжения при превышении током заданного значения, то есть защищает ЭП от внешних коротких замыканий.

Автоматический выключатель выбирается по двум условиям:

- номинальный ток уставки теплового расцепителя $I_{\text{ном.т.расц}}$, А, должен быть

$$I_{\text{ном.т.расц}} \geq (1,15 \dots 1,25) \cdot I_{\text{ном}} \quad I_{\text{ном.т.расц}} \geq (1,15 \dots 1,25) \cdot I_{\text{ном}} \quad (1)$$

- ток срабатывания электромагнитного расцепителя (ток отсечки) $I_{\text{отс}}$, А, должен быть

$$I_{\text{отс}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{пуск}} \quad I_{\text{отс}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{пуск}} \quad (2)$$

На основании произведенных расчетов по справочной литературе производится выбор автоматического выключателя.

Предохранители защищают от аварийных токов, недопустимых по значению и длительности. Защита от токов короткого замыкания должна быть быстросрабатывающей, так как вентили могут выдерживать лишь кратковременную перегрузку.

Выбор предохранителей производится по двум условиям:

- номинальный ток предохранителя $I_{\text{ном.пр}}$, А, должен быть

$$I_{\text{ном.пр}} \geq I_{\text{ном.дв}} \quad I_{\text{ном.пр}} \geq I_{\text{ном.дв}} \quad (3)$$

- величина тока плавкой вставки $I_{\text{пл.вст.ном}}$, А, предохранителя должна удовлетворять условию

$$I_{\text{пл.вст. ном}} \geq I_{\text{кр}} / \alpha \quad I_{\text{пл.вст. ном}} \geq I_{\text{кр}} / \alpha, \quad (4)$$

где $I_{\text{кр}}$ - кратковременный ток, А;

$I_{\text{кр}} = I_{\text{пуск}}$ для одиночного ЭД;

α - коэффициент, учитывающий условия пуска;

$\alpha = 2,5$ для нормальных условий пуска.

На основании расчетов и выводов по справочной литературе проводится выбор быстродействующих предохранителей.

Необходимо также предусмотреть установку предохранителей для защиты дополнительных источников питания для схемы управления и питания независимой обмотки возбуждения.

Для защиты от периодических коммутационных перенапряжений, возникающих между катодом и анодом тиристора при его закрывании, применяются RC-цепи, включаемые параллельно тиристорам. На время заряда конденсатора тиристор шунтируется резистором, что приводит к уменьшению перенапряжений. Емкость конденсаторов выбирается в пределах 0,25-2 мкФ, сопротивление резисторов - в пределах 5-40 Ом.