

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Курганский государственный университет»

Кафедра «Автоматизация производственных процессов»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТИПОВЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОАВТОМАТИКИ

Методические указания
к практическим занятиям
по дисциплинам:

«Устройства автоматики»,

«Технические средства автоматизации и управления»
для студентов направлений

15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»,

27.03.04 «Управление в технических системах»

Курган 2017

Кафедра автоматизации производственных процессов.

Дисциплины: «Устройства автоматики»,
«Технические средства автоматизации и управления».

Составил: канд. техн. наук, доц. Н.Б. Сбродов.

Утверждены на заседании кафедры 29 августа 2017 г.

Рекомендованы методическим советом университета 12 декабря 2016 г.

ВВЕДЕНИЕ

Целью данных практических занятий по дисциплине «Устройства автоматики» является закрепление знаний, полученных студентами в ходе лекционных и лабораторных занятий, приобретение навыков в решении практических задач по проектированию типовых систем электроавтоматики.

Настоящие методические указания содержат краткое изложение теоретического материала по схемотехнике систем электроавтоматики и выбору устройств электроавтоматики, примеры решения задач и задания для практических занятий.

1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТИПОВЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОАВТОМАТИКИ

1.1 Базовая схема управления трехфазным асинхронным электродвигателем

Рассмотрим применение устройств электроавтоматики в системе управления нерегулируемым электроприводом с трехфазным асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором [1 - 3]. Данный электропривод является нерегулируемым по скорости, с ручным управлением.

Система управления указанным электроприводом должна обеспечивать следующие функции:

- 1) включение и выключение электродвигателя (функции «Пуск» и «Стоп») в ручном режиме;
- 2) тепловую защиту (защиту от теплового действия токов перегрузки);
- 3) токовую защиту (защиту от токов КЗ);
- 4) защиту от чрезмерного снижения напряжения питающей сети (частный случай этой функции – защита от самопроизвольного пуска при восстановлении напряжения питающей сети после его внезапного исчезновения).

Анализ перечисленных функций показывает, что решение задачи по разработке указанной выше системы управления является многовариантным. Каждая функция может быть реализована с использованием различных устройств. Например, токовую защиту асинхронного электродвигателя можно обеспечить и плавкими предохранителями, и токовыми реле, и автоматом с максимальным токовым расцепителем. Это определяет многовариантность электрической схемы системы управления.

Рассмотрим базовую схему (рисунок 1).

В электрической схеме, приведенной на рисунке 1, в двух фазах двигателя М включены нагревательные элементы двухфазного теплового реле КК. Тепловое реле защищает двигатель от перегрузки, а предохранители FU1 – FU3 защищают питающую сеть от КЗ в двигателе. Главные (силовые) контакты КМ1.1 магнитного пускателя включены последовательно с предохранителями FU1 – FU3. Катушка КМ1 пускателя подключается к сети через контакты теплового реле и кнопок управления SB1 «Пуск» и SB2 «Стоп».

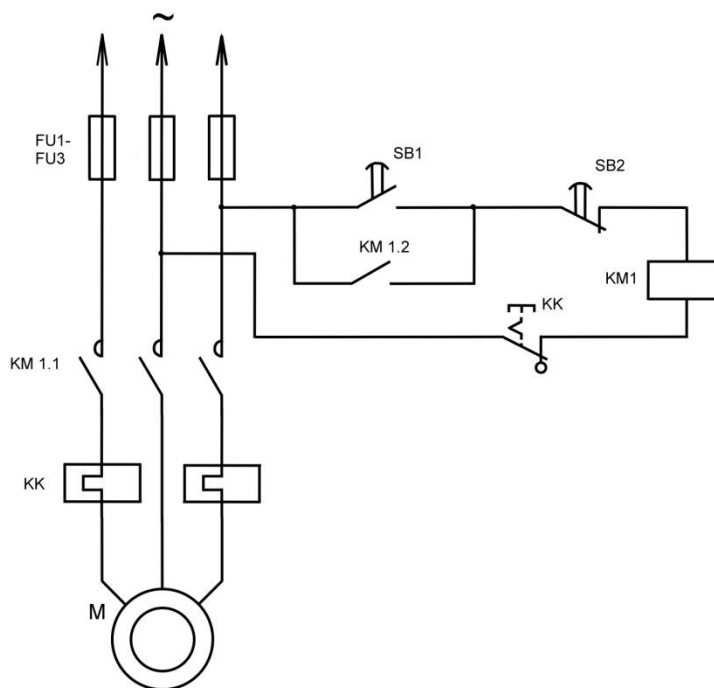


Рисунок 1 – Базовая электрическая схема системы управления нерегулируемым электроприводом с трехфазным асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором

При нажатии кнопки SB1 «Пуск» напряжение на катушку KM1 подается через замкнутые контакты кнопки SB2 «Стоп» и замкнутый контакт теплового реле KK. При срабатывании пускателя замыкаются вспомогательные контакты KM1.2, шунтирующие замыкающий контакт кнопки «Пуск», которую после этого можно отпустить. Силовые контакты KM1.1 подключают электродвигатель к трем фазам питающей сети. Для отключения двигателя нажимается кнопка SB2 «Стоп», после чего контакты KM1.1, KM1.2 размыкаются. При токовой перегрузке двигателя срабатывают тепловое реле KK, контакт которого разрывают цепь катушки KM1. При этом пускатель выключается, контакты KM1.1 размыкаются и двигатель отключается.

Высокий коэффициент возврата электромагнитов контакторов переменного тока позволяет защищать двигатель от понижения напряжения сети [электромагнит отпускает при $U = (0,6 — 0,7) U_{ном}$]. При восстановлении напряжения сети до номинального значения самопроизвольное включение пускателя не происходит, так как после размыкания контакта KM1.2 цепь катушки KM1 не замкнута.

Приведенная электрическая схема содержит два контура: силовой контур и контур (цепь) управления. Контур управления, содержащий обмотку магнитного пускателя KM1, подключен к той же сети, что и силовой контур. На практике чаще контур управления подключается на меньшее напряжение, чем силовой (24В, 220В и т.д.). Если система управления обеспечивает автоматический режим работы, например, реализована на программируемом логическом контроллере, то обмотка пускателя подключается к модулю выходных дискретных сигналов контроллера.

1.2 Варианты электрических схем управления трехфазным асинхронным электродвигателем

В качестве устройства токовой защиты могут использоваться токовые реле. Вариант такой схемы приведен на рисунке 2.

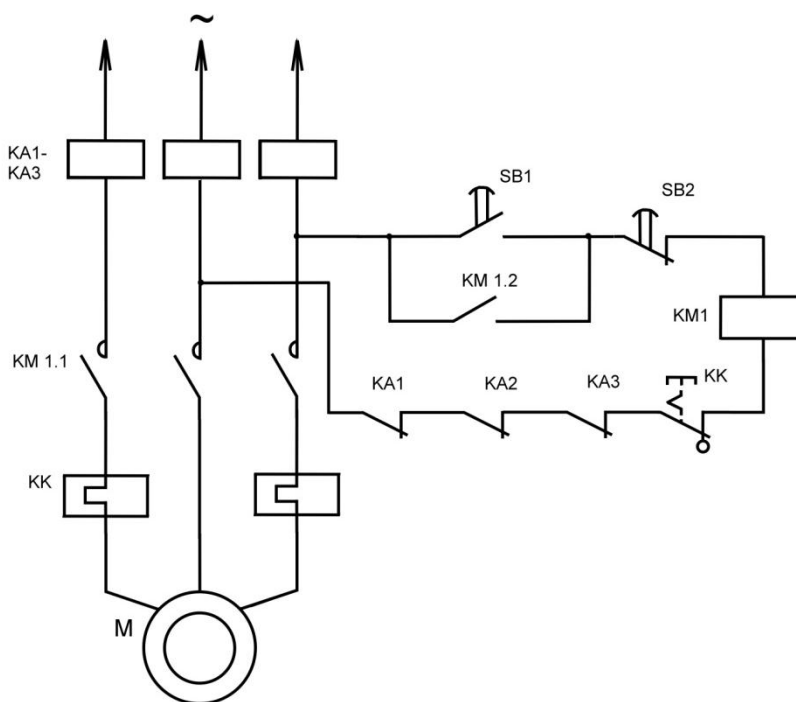


Рисунок 2 – Электрическая схема управления асинхронным электродвигателем с токовым реле

Обмотки токовых реле KA1 – KA3 включены последовательно в каждую из фаз силового контура. Если ток в любой из фаз превысит ток уставки реле (например, в результате КЗ в статорной обмотке электродвигателя), то разомкнется соответствующий контакт KA1 – KA3 реле. Нормально замкнутые контакты KA1 – KA3 включены последовательно в цепь управления, поэтому размыкание любого из них обеспечивает отключение обмотки пускателя KM1 и выключение двигателя. Тепловая защита реализована на основе теплового реле KK, аналогично базовой схеме.

Токовая защита может быть реализована на основе автоматического выключателя с максимальным токовым расцепителем (рисунок 3).

Перед началом работы автомат переводят во включенное состояние, и его силовые контакты переходят в замкнутое состояние. При токовой перегрузке срабатывает токовый расцепитель в автоматическом выключателе, контакты автомата размыкаются и отключают нагрузку от питающей сети. Тепловая защита реализована на основе теплового реле KK, аналогично базовой схеме.

Если в систему управления установить универсальный автомат, содержащий токовый и тепловой расцепители, то такой автомат будет обеспечивать и токовую и тепловую защиты (рисунок 4). В этом случае нет необходимости в применении теплового реле.

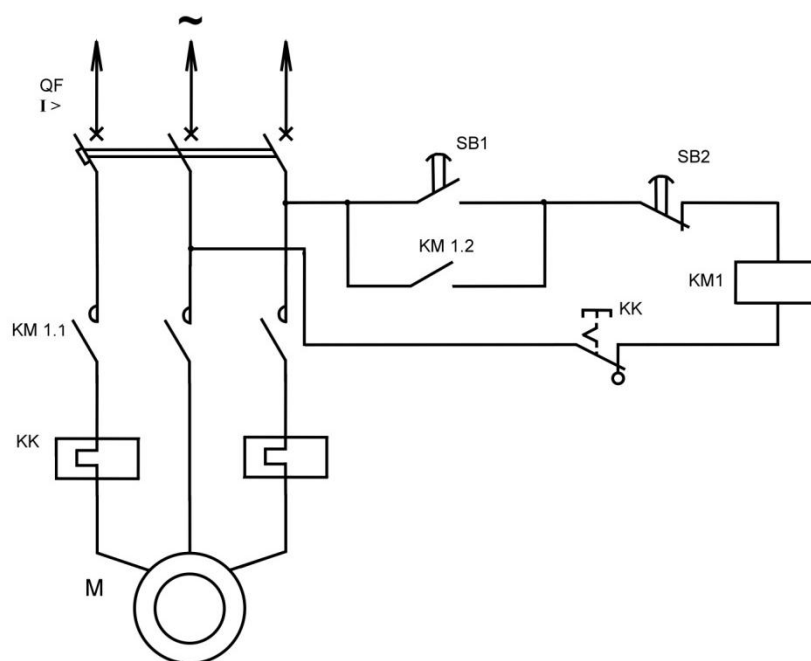


Рисунок 3 – Электрическая схема управления асинхронным электродвигателем на основе автомата с токовым расцепителем

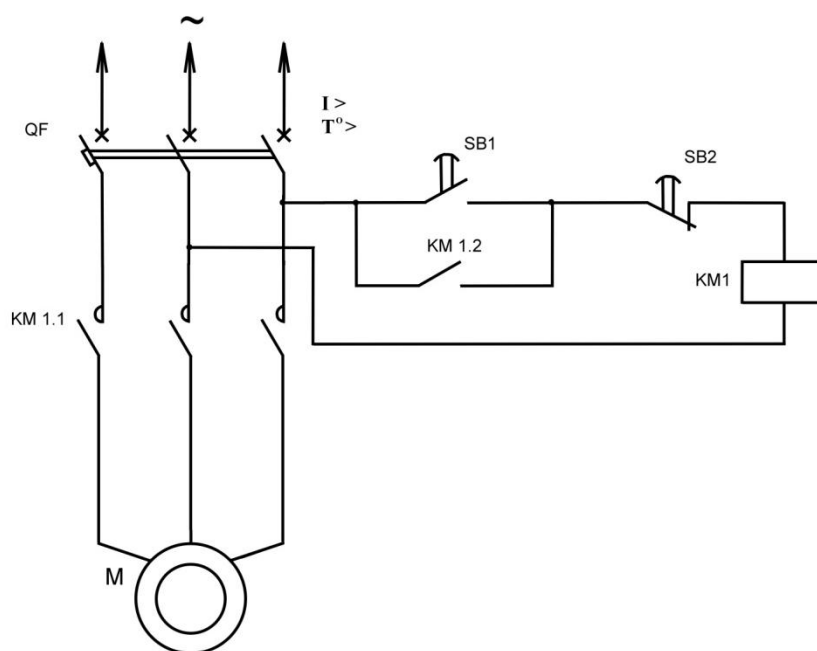


Рисунок 4 – Электрическая схема управления асинхронным электродвигателем на основе автомата с токовым и тепловым расцепителями

На рисунке 5 показан вариант предыдущей схемы, в котором цепь управления обмоткой пускателя подключена между фазным и нулевым проводами.

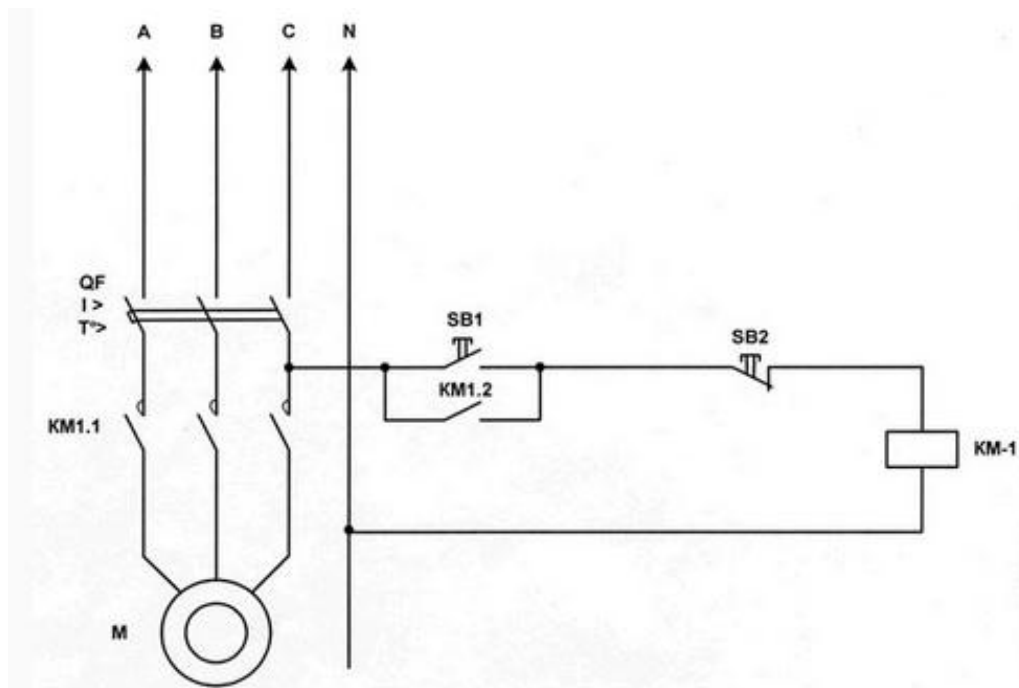


Рисунок 5 – Вариант электрической схемы управления асинхронным электродвигателем на основе автомата с токовым и тепловым расцепителями

1.3 Выбор устройств электроавтоматики для схем управления трехфазными асинхронными электродвигателями

Для выбора устройств электроавтоматики необходимо знать величину номинального тока электродвигателя $I_{ном.дв}$, которая не всегда указывается в справочных данных. Величину $I_{ном.дв}$ можно вычислить по формуле:

$$I_{ном.дв} = \frac{P_{ном.дв}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.дв} \cdot \cos\varphi \cdot \eta}$$

где $P_{ном.дв}$ – номинальная мощность электродвигателя;
 $U_{ном.дв}$ – номинальное напряжение электродвигателя;
 η – к.п.д. электродвигателя.

Для правильного выбора магнитного пускателя в системе управления трехфазным асинхронным двигателем необходимо знать номинальное напряжение двигателя $U_{дв.ном}$, номинальный ток двигателя $I_{дв.ном}$. Необходимо обеспечить при выборе следующие условия:

$$\begin{aligned} U_{п.ном} &\geq U_{дв.ном} \\ I_{п.ном} &\geq I_{дв.ном} \end{aligned}$$

Также необходимо, чтобы напряжение питания обмотки (катушки) $U_{обм}$ выбираемого пускателя соответствовало напряжению цепи управления, на которое обмотка будет подключена.

Для правильного выбора теплового реле в системе защиты трехфазного

асинхронного двигателя необходимо знать номинальное напряжение двигателя $U_{ном. дв}$, номинальный ток двигателя $I_{ном. дв}$. Необходимо обеспечить при выборе следующие условия:

$$\begin{aligned}U_{ном. тр} &\geq U_{ном. дв} \\I_{уст.} &= I_{ном. дв}\end{aligned}$$

Для правильного выбора предохранителя в системе защиты трехфазного асинхронного двигателя необходимо знать номинальное напряжение двигателя $U_{ном. дв}$, пусковой ток двигателя $I_{пуск. дв}$. Если пуск длится менее 1 с, то необходимо обеспечить при выборе следующие условия:

$$\begin{aligned}U_{ном пр} &\geq U_{ном дв} \\I_{ном вст} &= 0,4 I_{пуск дв}.\end{aligned}$$

Для тяжелых условий пуска, когда двигатель медленно разгоняется (например, привод центрифуги), плавкие вставки выбирают с большим запасом:

$$I_{ном вст} = (0,5 - 0,6) I_{пуск дв}.$$

При выборе токового реле необходимо обеспечить следующие условия:

$$\begin{aligned}U_{ном реле} &\geq U_{ном дв} \\I_{ном реле} &\geq I_{ном дв} \\I_{уст реле} &\geq (1,3 - 1,5) I_{пуск дв}.\end{aligned}$$

При выборе автоматического выключателя необходимо обеспечить следующие условия:

$$\begin{aligned}U_{ном авт} &\geq U_{ном дв} \\I_{ном авт} &\geq I_{ном дв} \\I_{уст эм} &\geq (1,5 - 1,8) I_{пуск дв}.\end{aligned}$$

1.4 Пример разработки системы управления трехфазным асинхронным электродвигателем

Задан асинхронный трехфазный электродвигатель, имеющий следующие технические характеристики:

$$P_{ном дв} = 4,9 \text{ кВт}, \quad U_{ном дв} = 380 \text{ В}, \quad \cos\varphi = 0,88, \quad \eta = 0,85.$$

Необходимо разработать электрическую принципиальную схему управления трехфазным асинхронным электродвигателем, обеспечивающую:

- а) включение и отключение электродвигателя от питающей сети в ручном режиме;
- б) защиту от токов короткого замыкания;
- в) тепловую защиту от токов перегрузки;

г) защиту от понижения напряжения питающей сети до уровня $0,7 U_{ном}$, где $U_{ном}$ - номинальное напряжение сети (380 В).

В электрической принципиальной схеме необходимо использовать в качестве устройства токовой защиты (защиты от токов К.З.) и устройства тепловой защиты (от токов перегрузки) универсальный автоматический выключатель.

Также требуется выполнить выбор соответствующих электрических средств автоматизации для разработанной электрической принципиальной схемы [1].

1. С учетом указанного в задании типа устройства тепловой и токовой защиты электрическая принципиальная схема проектируемой системы управления будет аналогична схеме, показанной на рисунке 5.

2. Определяем номинальный ток электродвигателя

$$I_{ном\ дв} = \frac{P_{ном\ дв}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном\ дв} \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{4900}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.88 \cdot 0.85} = 10 \text{ А}$$

2. В качестве силового коммутационного устройства в данной схеме выбираем малогабаритный контактор модели КМИ-11210 производства компании IEK [5].

Основные технические характеристики контактора модели КМИ-11210:

- номинальное рабочее напряжение до 400В;
- номинальный рабочий ток 12А;
- номинальное рабочее напряжение катушки 230В.

3. В качестве автоматического выключателя в данной схеме выбираем автомат модели ВА47-29 3Р 10А «С» [5].

Основные технические характеристики выбранного автомата:

- номинальное рабочее напряжение 400В;
- номинальный рабочий ток 10А;
- количество полюсов 3;
- время токовая характеристика типа С.

4. В качестве кнопок управления в данной схеме выбираем кнопки модели КУ-111101 [6].

Основные технические характеристики выбранных кнопок управления:

- максимальное напряжение переменного тока до 500В;
- максимальный ток 10А.

2. ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Разработать электрическую принципиальную схему управления трехфазным асинхронным электродвигателем (таблица 1), обеспечивающую:

а) включение и отключение электродвигателя от питающей сети в ручном режиме;

б) защиту от токов короткого замыкания;

в) тепловую защиту от токов перегрузки;

г) защиту от понижения напряжения питающей сети до уровня $0,5 U_{ном}$, где $U_{ном}$ - номинальное напряжение сети (380 В).

В электрической принципиальной схеме необходимо использовать в качестве устройства токовой защиты (защиты от токов К.З.) и устройства тепловой защиты (от токов перегрузки) только те электрические аппараты, которые заданы для каждого варианта в столбцах 3 и 4 таблицы 1.

2. Выполнить выбор соответствующих устройств электроавтоматики для разработанной электрической принципиальной схемы и разработать перечень элементов.

Таблица 1 – Исходные данные

№ варианта	Модель асинхронного трехфазного электродвигателя	Устройства защиты	
		от токов короткого замыкания (К.З.)	от токов перегрузки
1	2	3	4
1	АИР71А2	П	ТР
2	АИР71В2	А	А
3	АИР71В4	РТ	ТР
4	АИР80А2	П	ТР
5	АИР80В2	А	А

Примечание: П – предохранитель с плавкой вставкой;

ТР – тепловое реле;

А – автоматический выключатель с максимальным токовым и тепловым расцепителями;

РТ – реле тока (токовое реле или максимально-токовое реле).

Технические данные трехфазных асинхронных электродвигателей приведены в [4, 7, 8].

4. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алиев И.И. Электрические аппараты: Справочник. – М.: РадиоСофт, 2004.– 256 с.
2. Электрические и электронные аппараты: Учебник для вузов / Под ред. Ю.К.Розанова.– М.: Информэлекто, 2001.– 412 с.
3. Чунихин А.А. Электрические аппараты: Общий курс. – М.: Энергия, 1988. – 720 с.
4. Лихачев В.Л. Электродвигатели асинхронные. – М.: СОЛОН-Р, 2002.– 304 с.
5. www.iek.ru
6. www.rele.ru
7. www.radiofiles.ru/news/ehlektrodvigateli_asinkhronnye/2010-07-06-648
8. www.electronpo.ru/production

Сбродов Николай Борисович

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТИПОВЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОАВТОМАТИКИ

Методические указания
к практическим занятиям
по дисциплинам:
«Устройства автоматики»,
«Технические средства автоматизации и управления»
для студентов направлений
15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»,
27.03.04 «Управление в технических системах»

Авторская редакция

Подписано к печати 29.11.17	Формат 60x84 1/16	Бумага 65 г/м ²
Печать цифровая	Усл. печ. л. 0,75	Уч. изд. л. 0,75
Заказ №209	Тираж 25	Не для продажи

БИЦ Курганского государственного университета.
640020, г. Курган, ул. Советская, 63/4.
Курганский государственный университет.