

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет среднего профессионального образования

Безик В.А.
Филин Ю.И.
Иванюга М.М.

**Монтаж, наладка и эксплуатация
электрооборудования
сельскохозяйственных организаций**

Лабораторный практикум

для студентов специальности
35.02.08 «Электрификация и автоматизация
сельского хозяйства»

Часть 4

Брянская область
2018

УДК 621.31:631.171 (076.5)

ББК 31.26:40.7

Б 39

Безик, В.А. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования сельскохозяйственных организаций: лабораторный практикум. Ч. 4 / В. А. Безик, Ю. И. Филин, М. М. Иванюга. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018. – 66 с.

Лабораторный практикум по МДК 01.01 «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования сельскохозяйственных организаций» разработан в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по специальности среднего профессионального образования 35.02.08 «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства».

Предназначен для изучения 4 раздела «Монтаж электроприводов, аппаратуры управления и защиты» МДК 01.01 «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования сельскохозяйственных организаций». Предназначен для студентов среднего профессионального образования по специальности подготовки 35.02.08 «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства».

Рецензент: к.т.н., доцент Будко С.И. (Брянский государственный аграрный университет)

Рекомендовано к изданию решением Методической цикловой комиссии общепрофессиональных дисциплин, протокол №4 от 1 февраля 2018 г.

© Брянский ГАУ, 2018

© Безик В.А., 2018

© Филин Ю.И., 2018

© Иванюга М.М., 2018

Содержание

Введение	4
Правила проведения лабораторных работ	6
Лабораторная работа №1. Подготовка к монтажу электродвигателей	8
Лабораторная работа №2. Соединение обмоток электродвигателей и обозначение их выводов	17
Лабораторная работа №3. Изучение схем управления электрооборудованием силовых электрических цепей	22
Лабораторная работа №4. Монтаж схем управления с магнитными пускателями и элементами автоматики	30
Лабораторная работа №5. Исследование работы магнитного пускателя	44
Лабораторная работа № 6. Монтаж схем управления двигателями с двумя магнитными пускателями	56
Литература	65

Введение

Лабораторный практикум разработан в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по специальности среднего профессионального образования 35.02.08 «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства»

Цель данного издания состоит в изучении технологий монтажа электродвигателей, аппаратуры управления и защиты при подготовке студентов по МДК 01.01 «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования сельскохозяйственных организаций».

Представленные в издании теоретические сведения позволят студенту ознакомиться с видами электродвигателей, их маркировкой, конструкцией. Так же в процессе выполнения работ учащиеся познакомятся с режимами работы и способами защиты двигателей и их принципиальными электрическими схемами.

Данный практикум содержит 6 лабораторных работ и предназначен как для проведения учебного процесса, так и для самостоятельной подготовки студентов.

С целью овладения указанным видом профессиональной деятельности и соответствующими профессиональными компетенциями обучающийся в ходе освоения профессионального модуля должен:

иметь практический опыт:

монтажа и наладки электрооборудования сельскохозяйственных предприятий;

эксплуатации электрооборудования сельскохозяйственных предприятий;

монтажа, наладки и эксплуатации систем централизованного контроля и автоматизированного управления технологическими процессами сельскохозяйственного производства;

уметь:

подбирать электропривод для основных сельскохозяйственных машин и установок;

производить монтаж и наладку элементов систем централизованного контроля и автоматизированного управления технологическими процессами сельскохозяйственного производства;

знать:

основные средства и способы механизации производственных процессов в растениеводстве и животноводстве;

принцип действия и особенности работы электропривода в условиях сельскохозяйственного производства;

Результатом освоения профессионального модуля, в состав которого входит МДК 01.01, является овладение обучающимися видом профессиональной деятельности (ВПД) **Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования (в т.ч. электроосвещения), автоматизация сельскохозяйственных предприятий**, в том числе профессиональными (ПК) и общими (ОК) компетенциями:

Код	Наименование результата обучения
ПК 1.1	Выполнять монтаж электрооборудования и автоматических систем управления
ПК 1.2.	Выполнять монтаж и эксплуатацию осветительных и электронагревательных установок
ПК 1.3.	Поддерживать режимы работы и заданные параметры электрифицированных и автоматических систем управления технологическими процессами
ОК 1.	Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес
ОК 2.	Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество

ОК 3.	Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность
ОК 4.	Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития
ОК 5.	Владеть информационной культурой, анализировать и оценивать информацию с использованием информационно-коммуникационных технологий
ОК 6.	Работать в коллективе и в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями
ОК 7.	Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий
ОК 8.	Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации
ОК 9.	Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности

1. Правила проведения лабораторных работ

1. Студент должен явится на лабораторные занятия подготовленным теоретически.

2. Перед началом проведения лабораторных работ получить инструктаж по технике безопасности, сделать соответствующие отметки в журнале проведения инструктажа. При необходимости преподаватель может проверить усвоение правил техники безопасности.

3. Прежде чем приступить к работе, необходимо внимательно ознакомиться с заданием, оборудованием и измерительными приборами.

4. По результатам выполнения работ сдается и защищается отчет, оформляемый согласно требований стандартов. Основные расчеты, построения производятся само-

стоятельно студентом после окончания занятий.

5. Графическая часть выполняется карандашом с применением чертежных принадлежностей.

6. Каждый отчет завершается выводами по работе.

7. К выполнению следующей работы допускается студент успешно сдавший отчет по предыдущей работе.

Общие правила техники безопасности

1. Без разрешения преподавателя или лаборанта лабораторные установки не включать.

2. При обнаружении неисправностей немедленно сообщать преподавателю или лаборанту. Нельзя оставлять включенной неисправную установку.

3. Не допускается загромождать рабочее место посторонними предметами, оборудованием и др. материалами, не относящимися к лабораторной установке.

4. Выполнять лабораторные работы только звеном в составе двух или более человек.

5. Лабораторную установку включать только после проверки и разрешения преподавателя.

6. Все изменения в электрической схеме проводить только при отключенной установке, после проверки на отсутствие напряжения измерительными приборами.

7. Не оставляйте схему под напряжением без наблюдения. По окончании измерений сразу отключайте установку.

8. По окончании выполнения лабораторных работ приведите в порядок рабочее место.

Лабораторная работа № 1

Подготовка к монтажу электродвигателей

Цель работы:

Изучить требования к монтажу электродвигателей и их основные параметры.

Методические указания

1. Подготовить титульный лист отчёта и разделы основной части, включающие теоретическое обоснование, обозначения и термины, средства обеспечения и материалы.
2. Повторить тему «Монтаж электродвигателей».

Порядок выполнения работы

1. Изучить схему подключения и требования к монтажу асинхронного электродвигателя.

Теоретические сведения

К каждому электрическому двигателю прилагается паспорт, в котором указаны сведения, необходимые для правильной его эксплуатации. Паспорт в виде металлического щитка крепится на корпусе двигателя. В паспорте трехфазного асинхронного двигателя указано следующее: тип электродвигателя (рисунок 1); заводской номер; номинальное напряжение питающей сети; номинальный ток; номинальная мощность электродвигателя; скорость вращения ротора при номинальной нагрузке; коэффициент мощности при номинальной нагрузке; коэффициент полезного действия при номинальной нагрузке; частота переменного тока; год выпуска; вес; ГОСТ, в соответствии с которым выполнен двигатель.

Например, 4АА638А6УЗ IP44 - асинхронный двигатель четвертой серии, со станиной из алюминия (вторая буква А, нет буквы - чугун), с высотой оси вращения 63

мм, станиной короткой (S), коротким магнитопроводом (А), шестиполусной (6), для работы в умеренном климате (У), третьей категории размещения с защитой от попадания твердых частиц размером более 1 мм и от круговых брызг воды.

Серия АИ выпущена совместно с "Интерэлектро", АИР - для российских машин; АИС - с установочными размерами по CENELEK; РА - российская асинхронная машина мощностью от 120 Вт до 100 кВт.

· Модель	АИР 52МА6УЗ	IP54 №	356278
Δ / Y	220/380	V	21/12
		A	
	5.5	kWt	970
		мин ⁻¹	50
		Hz	
КПД	85,5%	cos φ	0,81
вес	91	кг	
ГОСТ	183 - 98	Год выпуска	2006

Рисунок 1 - Заводская табличка электродвигателя

Обозначения типа двигателей расшифровываются следующим образом: 4 - 5 номера серий; А - асинхронный. Далее указывается высота оси вращения, за ней - установочные размеры по длине станины (S - короткая, М - средняя, L - длинная), по длине сердечника (А - короткая, В - длинная), климатическое исполнение (У - умеренный климат, ХЛ - холодный) и категория размещения (цифры 1 - 5). IP степень защиты от попадания посторонних тел и воды.

Перед подключением двигателя нужно проверить состояние его изоляции. Изоляцию можно считать нормальной, если ее величина $R_{го} > 1000 U_H$ (Ом), где U_H — напряжение в вольтах, на которое рассчитан двигатель.

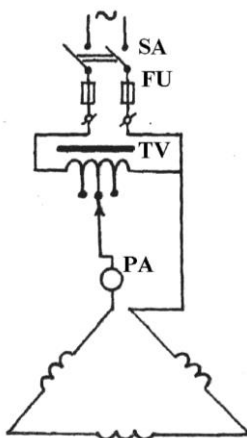


Рисунок 2 - Схема подключения обмоток двигателя для процесса сушки током

Если величина сопротивления изоляции меньше, чем указано равенством, то двигатель следует просушить. Сушат обмотку двигателей различными способами. Можно использовать посторонний источник тепла: рефлекторы, лампы инфракрасных лучей, вентиляторы, которые подают теплый воздух, и т.д. Для сушки двигателя можно пропускать через его обмотки ток по величине не более номинального (рисунок 2). Обмотки двигателя включают последовательно и, наблюдая величину тока по амперметру РА, подбирают величину напряжения. Сопротивление изоляции при этом измеряют каждые 2—3 часа. Сушку продолжают до тех пор, пока сопротивление изоляции не установится, т.е. остается постоянным в течение 3 - 4 измерений. Если величина его не будет соответствовать R_{H3} двигатель следует отправить в ремонт.

После просушки проверяют обозначения выводов обмоток статора, для чего сначала определяют парные зажимы отдельных фаз при помощи мегомметра (рисунок 3

б). Прикоснувшись концом одного из щупов мегомметра какого-либо зажима статорной обмотки, концом другого щупа касаются поочередно других зажимов. Отклонение стрелки к нулю свидетельствует, что зажимы принадлежат одной обмотке. К этим зажимам прикрепляют бирки С1 и С4, потом определяют парные зажимы других фаз и маркируют их соответственно С2 и С5; С3 и С6.

Проверка правильности обозначения зажимов обмотки статора по способу открытого треугольника.

Обмотки соединяются последовательно и подключаются к сети 220 вольт. Если маркировка соответствует действительному расположению концов и начал обмоток, то напряжение на каждой обмотке будет одинаковым. В случае, когда окажется, что на какой-то обмотке бирки прикреплены неверно, то напряжение на ней увеличится, а на других уменьшится. Значит надо поменять местами бирки маркировки указанной обмотки и снова измерить напряжение.

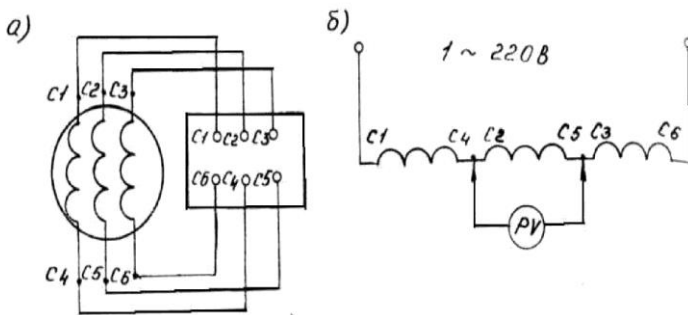


Рисунок 3 - Проверка выводов обмоток статора:

а - стандартная маркировка выводов обмоток электродвигателя; б - схема для определения начал и концов обмоток

Производят подключение электродвигателя в зависимости от подаваемого напряжения по двум типам схем «звездой» или «треугольником», схемы подключения по-

казаны на рисунке 4.

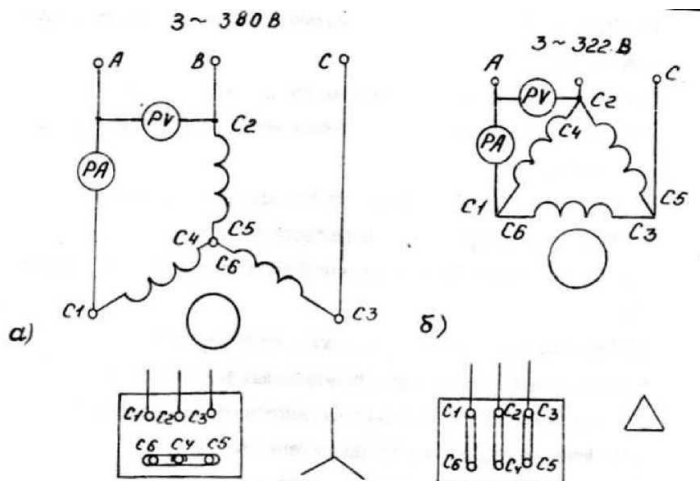


Рисунок 4 - Схемы подключения трехфазного асинхронного двигателя: а - соединение «звездой», б - соединение «треугольником»

Перед пуском двигателя необходимо проверить состояние всех контактов, плавкие вставки, крепление салазок и двигателя. Следует также промыть подшипники керосином и налить в них масло, проверить натяжение ремня на приводе или соединительную муфту и проверить двигатель.

Во время работы двигателя необходимо следить за его нагревом или за показаниями амперметра. Грубо приближенно нагрев можно контролировать на ощупь. Для этого необходимо изолировать себя от земли (диэлектрический коврик, галоши и т.д.), приложить ладонь к корпусу двигателя. Если рука терпит температуру, следует считать, что двигатель не перегрелся.

Периодически необходимо проверять состояние контактов и наличия смазки в подшипниках.

При первом пуске можно встретить следующие неполадки:

- двигатель вращается в обратном направлении. Для изменения направления нужно поменять местами две фазы сети или двигателя;

- двигатель неестественно гудит, нагревается на холостом ходу: потребляемый ток больше номинального. Это может быть при ошибочном соединении схемы. Нужно проверить, правильно ли обозначены начала и концы обмоток;

- двигатель не берет с места нагрузку, нормально гудит при этом. Возможные причины: понижение напряжения сети, очень сильно затянут ремень, сгорел предохранитель на одной из фаз;

Напряжение сети проверить вольтметром. Ослабить натяжение ремня, заменить предохранитель. Если все в порядке, надо помочь двигателю взять с места путем предварительного раскручивания вручную или установить рабочую машину в такое положение, при котором во время включения двигателя момент ее сопротивления стал бы минимальным;

- двигатель при пуске гудит, а затем останавливается. Причина может быть в том, что предохранители, которые не были рассчитаны на данную нагрузку, перегорели;

- при пуске двигателя с фазным ротором под нагрузкой пусковой реостат сильно нагревается. Причина в том, что пусковой реостат мал для данных условий пуска. Следует уменьшить нагрузку в момент пуска или установить другой реостат;

- двигатель нагревается в работе — мощность двигателя недостаточна для данного агрегата;

- сильно нагреваются подшипники — затянут ремень или плохая смазка;

В процессе эксплуатации двигателя могут быть следующие неисправности:

- двигатель не берет нагрузку с места или сильно гудит. Причиной может быть неисправность предохранителя, плохой контакт в силовой цепи, разрыв цепи в обмотках двигателя;

- двигатель тяжело запускается, быстро нагревается, при пуске гудит. Это возможно из-за неисправных подшипников. Они выплавлены или сильно сработаны. Ротор заедает в подшипниках;

- при включении перегорают предохранители. Причина — короткое замыкание в обмотках двигателя или в подводящих проводах. У асинхронного двигателя с фазным ротором возможно замыкание в кольцах;

- двигатель разбегается рывками, в процессе работы амперметр, включенный в цепь статорной обмотки, показывает резкое колебание тока. Неисправность заключается в том, что в цепи пускового реостата и ротора имеется плохой контакт;

- при пуске в ход асинхронного двигателя с переключателем со «звезды» на «треугольник» двигатель не разбегается. Не правильно собрана схема или подгорели контакты в переключателе.

При ремонте сетей электропитания, замене распределительных щитов, замене кабелей и пр. возможно подключение привода на неверное чередование фаз, следовательно, двигатель будет вращаться в другую сторону, что в некоторых механизмах может привести к выходу оборудования из строя. Для устранения этого в наиболее удобном и безопасном для этого месте необходимо поменять любые две фазы местами.

Если при включении двигатель начинает вращаться, но гудит, не набирает оборотов и греется, то причинами

могут быть обрыв в цепи статора (чаще обрыв фазы возникает из-за срабатывания предохранителей, реже из-за неисправности выключателя, а также обрыва в обмотке статора. При обрыве фазы в двух других фазовых обмотках резко увеличивается ток в 1,7 раза, что и вызывает нагрев двигателя); обрыв или слабый контакт в цепи ротора (нарушение контакта стержней с торцевыми кольцами в обмотке ротора - для двигателя с кз-ротором); а также тривиальное заедание в рабочем механизме или механическое повреждение в двигателе; неправильное соединение концов обмоток после ремонта - одна фаза перевернута.

Если при пуске двигателя срабатывает максимальная защита или защита от перегрузки (тепловая), то причиной может оказаться неверно выбранный аппарат защиты или замыкание в цепи питания двигателя, равно как неисправность самого двигателя, механическая, так и электрическая пробой изоляции в результате перегрева от перегрузок. Повторное включение автоматического выключателя после его срабатывания при пуске двигателя производят только после тщательной проверки исправности двигателя.

При возникновении неисправностей в автоматическом цикле работы привода поиск неисправности можно провести при отключенном двигателе, оставив включенными цепи управления. Следует промоделировать работу механизма путем нажатия концевых выключателей, командных кнопок и др. и поэтапно контролировать состояние аппаратов цепей управления. Как только обнаружится отклонение от цикла (см. принципиальную схему и циклограмму работы), то в нерабочей цепочке при отключенном питании следует прозвонить всю ветвь от начала до конца, либо при поданном напряжении на сбойном участке вольтметром определить место обрыва цепи. Поиск таких неисправностей следует производить лишь после тщательного изучения циклограммы работы привода в составе обо-

рудования и полной ясности очередности работы аппаратов. Для четкой ориентации в работе электрической схемы полезно составить таблицу состояний всех аппаратов цепи управления на каждом этапе циклограммы. При проверке цепей под напряжением следует соблюдать особую осторожность во избежание поражения электрическим током.

Содержание отчёта

1. Тема, порядок выполнения работы и цель занятия
2. В отчёт занести рисунки 1-4 последовательность монтажа, пуска, возможные неисправности.

Контрольные вопросы

1. Какие электродвигатели вы знаете?
2. Как расшифровывается маркировка электродвигателей?
3. Каким методом проверяется правильность выводов обмоток электродвигателя?
4. Какими устройствами осуществляется соединение вала электродвигателя с рабочей машиной?
5. Какими устройствами осуществляется защита электродвигателя от аварийных режимов?
6. Основные неисправности электродвигателей.
7. Сушка обмоток двигателя.
8. Какие наиболее частые неисправности встречаются в автоматизированных электроприводах?
9. Какие вы знаете методы выявления и устранения неисправностей?

Лабораторная работа № 2

Соединение обмоток электродвигателей и обозначение их выводов

Цель работы:

Научитесь производить соединение обмоток асинхронных электродвигателей звездой и треугольником.

Методические указания

1. Подготовить титульный лист отчёта и разделы основной части, включающие теоретическое обоснование, обозначения и термины, средства обеспечения и материалы.
2. Повторить тему «Монтаж электродвигателей».

Порядок выполнения работы

1. Изучить схемы управления электрооборудованием, понять принцип их действия.

Теоретические сведения

Вспомним вкратце принцип действия асинхронного двигателя. Питание такого двигателя осуществляется от сети трехфазного переменного напряжения. В статоре имеются 3 обмотки, которые сдвинуты относительно друг друга на 120 электрических градуса. Это сделано с целью создания вращающегося магнитного поля (рисунок 1).



Рисунок 1 – Выводы обмоток электродвигателя

Обозначаются выводы обмоток статора асинхронных двигателей следующим образом:



C1, C2, C3 – начала обмоток, C4, C5, C6 – конец обмоток. Но сейчас все чаще применяется новая маркировка выводов по ГОСТу 26772-85. U1, V1, W1 - начала обмоток, U2, V2, W2 – конец обмоток.

Выводы фазных обмоток асинхронного двигателя выводятся на клеммник или колодку и располагаются таким образом, чтобы соединения звездой или треугольником было удобно выполнить без перекрещивания с помощью специальных перемычек.

Клеммник, его еще называют «борно» (рисунок 1), чаще всего устанавливается сверху, реже – сбоку. Некоторые клеммники можно разворачивать на 180 градусов, для удобства подводки питающих кабелей.

Всего на клеммник может быть выведено 3 или 6 выводов фазных обмоток статора.

Пример:

Если в клеммник выведено 6 выводов обмоток статора, то асинхронный двигатель можно подключить в сеть на 2 разных уровня напряжения, отличающихся на величину в 1,73 раза ($\sqrt{3}$). Имеется электродвигатель, на табличке которого указано напряжение 220/380 (В) (рисунок 2). Это значит, что если в сети уровень линейного напряжения составляет 380 (В), то обмотки статора необходимо соединить в схему звезды.



Рисунок 2 – Заводская табличка электродвигателя

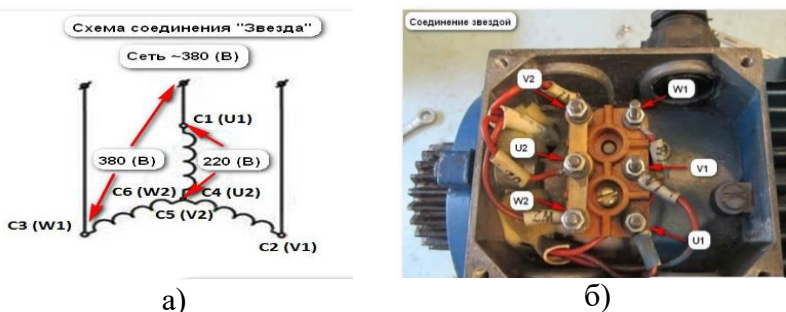


Рисунок 3 – Схема соединения «Звезда»:
а) принципиальная электрическая; б) на клеммнике

Соединение звездой

Соединение звездой фазных обмоток статора асинхронного двигателя выполняется следующим образом. Концы всех трех обмоток нужно соединить в одну точку с помощью специальной перемычки, о которой я говорил чуть выше. А на их начала подать трехфазное напряжение сети.

Из рисунка 3а видно, что напряжение на фазной обмотке составляет 220 (В), а линейное напряжение между двумя фазными обмотками составляет 380 (В). На клеммнике соединение звездой обмоток будет выглядеть следующим образом (рисунок 3б).

Соединение треугольником

Вернемся к нашему примеру. Если в сети уровень линейного напряжения составляет 220 (В), то обмотки статора необходимо соединить в схему треугольника.

Соединение треугольником фазных обмоток статора асинхронного двигателя выполняется следующим образом:

- конец обмотки фазы «А» С4 (U2) необходимо соединить с началом обмотки фазы «В» С2 (V1)
- конец обмотки фазы «В» С5 (V2) необходимо соединить с началом обмотки фазы «С» С3 (W1)
- конец обмотки фазы «С» С6 (W2) необходимо соединить с началом обмотки фазы «А» С1 (U1)

Места их соединения подключаются к соответствующим фазам питающего трехфазного напряжения.

Из рисунка 4а видно, что при линейном напряжении сети 220 (В) напряжение на фазной обмотке составляет тоже 220 (В).

На клеммнике (рисунок 4б) при соединении треугольником обмоток статора асинхронного двигателя специальные перемычки нужно установить указанным на рисунке 4б образом.

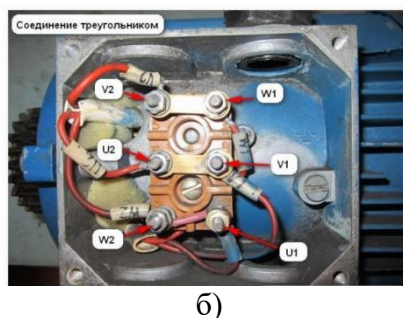


Рисунок 4 – Схема соединения «Треугольник»:
а) принципиальная электрическая; б) на клеммнике

В нашем примере при соединении звездой и треугольником напряжение на каждой фазной обмотке асинхронного двигателя будет 220 (В).

При соединении звездой обмоток асинхронного электродвигателя наблюдается более мягкий запуск и плавная его работа, а также возможность кратковременной перегрузки. При соединении треугольником обмоток асинхронного электродвигателя происходит достижение его максимальной мощности, но во время пуска пусковые токи имеют большое значение. Также замечено, что при соединении треугольником двигатель больше нагревается.

В связи с вышесказанным, принято асинхронные двигатели средней мощности и выше запускать по схеме звезда. При наборе номинальной частоты вращения в автоматическом режиме происходит переключение его на схему треугольника.

Содержание отчета

1. Тема, порядок выполнения работы и цель занятия
2. В отчет занести схемы (рисунки 3, 4), и краткие сведения о принципе их работы.

Контрольные вопросы

1. Какие электродвигатели вы знаете?
2. В чем разница соединения обмоток «звезда» и «треугольник»?
3. Каким методом проверяется правильность выводов обмоток электродвигателя?
4. Что обозначает указанное на табличке электродвигателя напряжение 220/380 (В)?
5. Как соединить обмотки треугольником?
6. Как соединить обмотки электродвигателя звездой?

Лабораторная работа № 3

Изучение схем управления электрооборудованием силовых электрических цепей

Цель работы:

Изучение электрических схем управления электрооборудованием по монтажным чертежам.

Методические указания

Подготовить титульный лист отчёта и разделы основной части, включающие теоретическое обоснование, обозначения и термины, средства обеспечения и материалы.

Повторить тему «Схемы электрических цепей».

Порядок выполнения работы

Изучить схемы управления электрооборудованием, понять принцип их действия.

Теоретические сведения

Для управления электрооборудованием силовых электрических цепей используют разнообразные устройства дистанционного управления, защиты, телемеханики и автоматики, воздействующие на коммутационные аппараты его включения и отключения или на регулирующие органы.

Пример

Рассмотрим схемы управления электродвигателями и высоковольтным выключателем.

Схемы управления электродвигателями. Принципиальная схема нереверсивного управления асинхронным электродвигателем, выполненная совмещенным и разнесенным способами, показана на рисунке 1 а—в.

Все элементы управления — кнопки $S1$ и $S2$, контакты электротепловых реле $KK1$ и $KK2$, катушка магнитного пускателя KM образуют одну цепь, включенную меж-

ду фазами *C* и *A* той же электрической сети, к которой подключен управляемый электродвигатель *M*.

Для включения электродвигателя *M* нажимают на кнопку *S2*, замыкающую цепь катушки магнитного пускателя *KM*, который включается и замыкает свои силовые контакты и вспомогательный контакт, шунтирующий кнопку *S2*. Этим обеспечивается удерживание магнитного пускателя во включенном положении после отпускания кнопки *S2*.

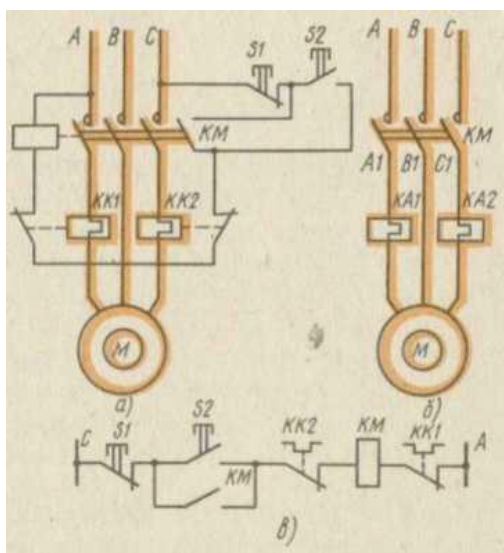


Рисунок 1 - Принципиальные схемы неререверсивного управления асинхронным электродвигателем, выполненные совмещенным (а) и разнесенным (б, в) способами

Для отключения электродвигателя *M* нажимают на кнопку *S1*, размыкающую цепь катушки магнитного пускателя *KM*.

При перегрузке электродвигателя срабатывают электротепловые реле *KK1* и *KK2*, размыкающие свои кон-

такты в цепи управления. При этом магнитный пускатель отключается и электродвигатель останавливается.

Пример

Реверсивное управление асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором, осуществляемое контакторами КМ1 и КМ2 реверсивного магнитного пускателя, показано на рисунке 2 а, б.

Цепи 1 управления и цепи 2—4 сигнальных ламп НLR1, НLR2 и НLG питаются от той же сети, что и электродвигатель М. В цепи 1 общими для участков катушки КМ1 первого контактора и катушки КМ2 второго контактора являются кнопка отключения SBT и контакт электропелевого реле КК, В исходном положении горит сигнальная лампа НLG, указывая на отключенное состояние обоих контакторов (ее цепь замкнута через их размыкающие контакты КМ1:3 и КМ2:3) и электродвигателя М.

Для включения электродвигателя М вращением в одну сторону нажимают кнопку SBC1, и ее контакт SBC1:1 в цепи катушки контактора КМ1 замыкается, а контакт SBC1:2 в цепи катушки контактора КМ2 размыкается. При этом замыкается цепь включения контактора КМ1, который срабатывает, включая электродвигатель М. При срабатывании контактора КМ1 замыкается его вспомогательный контакт КМ 1:1, шунтируя контакт SBC1:1 кнопки включения SBC1, в результате чего при отпускании этой кнопки контактор КМ1 и электродвигатель М остаются во включенном состоянии.

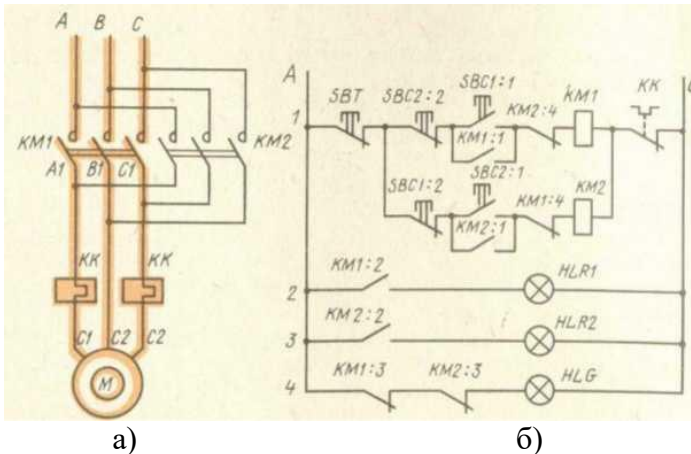


Рисунок 2 - Реверсивное управление асинхронным электродвигателем: а — силовые цепи, б — цепи управления

Для включения электродвигателя М с вращением в другую сторону нажимают кнопку SBC2, и ее контакт SBC2:1 в цепи катушки контактора KM2 замыкается, а контакт SBC2:2 в цепи катушки контактора KM1 размыкается. Контактор KM2 при этом срабатывает, электродвигатель включается и начинает вращаться, но в другую сторону, поскольку чередование фаз, подводимых к его обмотке, изменяется: к выводам C1, C2 и C3 подводятся соответственно фазы А, С и В электрической сети (в первом случае подводились фазы А, В и С).

Для отключения электродвигателя нажимают кнопку SBT, разрывая тем самым цепь 1, в которую включены обмотки обоих контакторов.

При перегрузке электродвигатель отключается электротепловым реле КК, контакт которого входит в цепь 1.

При срабатывании контактора KM1 его вспомогательный контакт KM1:2 замыкается, а KM1:3 размыкается, лампа HLG, сигнализирующая об отключенном состоянии электродвигателя М, гаснет, а лампа HLR1 загорается, ука-

зывая, что он включен и вращается, например, «вперед». При срабатывании контактора $KM2$ его вспомогательный контакт $KM2:2$ замыкается, а $KM2:3$ размыкается, лампа HLG гаснет, а лампа $HLR2$ загорается, указывая, что он включен и вращается в обратном направлении («назад»). Введение в цепь включения контактора $KM1$ размыкающего контакта $SBC2:2$ кнопки включения контактора $KM2$ и его вспомогательного контакта $KM2:4$, а в цепь включения контактора $KM2$ размыкающего контакта $SBC1:2$ кнопки включения контактора $KM1$ и его вспомогательного контакта $KM1:4$ обеспечивает электрическую блокировку, предотвращающую одновременное включение обоих контакторов или включение одного из них при включенном состоянии другого, что может привести к короткому замыканию между фазами B и C электрической сети.

Пример

Управление асинхронным электродвигателем с фазным ротором показано на рисунке 3, а, б.

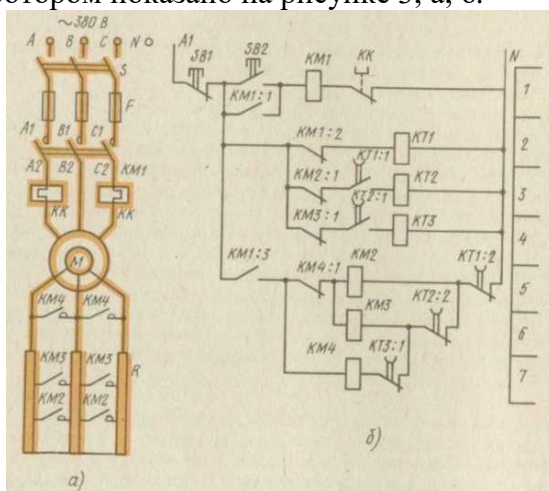


Рисунок 3 - Управление асинхронным электродвигателем с фазным ротором: а — силовые цепи, б — цепи управления

В силовые цепи (рисунок 3, а) входят выключатель S , предохранители F , силовые контакты магнитного пускателя $KM1$, через которые питание и подается к обмотке статора, а также воспринимающая часть электротеплового реле KK . К ротору электродвигателя подключены резисторы R .

Цепи управления (рис. 35, б), в которые входят кнопки $SB1$ и $SB2$, контакт электротеплового реле KK , катушки магнитного пускателя $KM1$, контакторов $KM2$ — $KM4$ и реле времени $KT1$ — $KT3$, питаются от той же электросети, что и силовые, и подключены к фазе A и нулевому проводу N . Следует иметь в виду, что все реле времени срабатывают без выдержки времени, а возвращаются с выдержкой. Для удобства чтения схемы на ней даны номера цепей управления. В схемах вторичных цепей (управления, сигнализации, защиты и др.) вместо номеров часто указывают их функциональное назначение. Так, в рассматриваемой схеме вместо номера 1 можно написать цепь управления магнитным пускателем $KM1$, вместо номера 2 — цепь катушки реле времени $KT1$ и т.д.

В исходном состоянии (до включения выключателя S) питание к цепям управления не поступает, поэтому магнитный пускатель $KM1$ и реле времени $KT1$ — $KT3$ отключены. После включения выключателя S подводится питание к цепям управления. При этом по замкнутой контактом $KM1:2$ магнитного пускателя $KM1$ цепи 2 будет проходить ток через катушку реле времени $KT1$, которое сработает, замкнув контакт $KT1:1$ и разомкнув контакт $KT1:2$ соответственно в цепях 3 и 5.

После срабатывания реле времени $KT1$ окажется замкнутой цепь катушки реле времени $KT2$, которое сработает, замкнув контакт $KT2:1$ и разомкнув контакт $KT2:2$ соответственно в цепях 4 и 6. После срабатывания реле времени $KT2$ окажется замкнутой цепь катушки реле времени $KT3$, которое сработает и разомкнет свой контакт

КТЗ:1 в цепи 7.

Таким образом, после включения выключателя цепи управления перейдут в состояние готовности к пуску электродвигателя *М*: реле времени *КТ1* — *КТЗ* будут включены, их контакты *КТ1:1*, *КТ2:1* — замкнуты, а *КТ1:2*, *КТ2:2* и *КТЗ:1* — разомкнуты.

Для пуска электродвигателя *М* нажимают кнопку *SB2*, замыкающую цепь 1 магнитного пускателя *КМ1*, который включается, замыкая свои силовые контакты, подводящие питание к двигателю, а также вспомогательный контакт *КМ1:1*, шунтирующий контакт кнопки *SB2*, и *КМ1:3*, подготавливающий цепи 5—7. Одновременно замыкается контакт *КМ1:2* в цепи 2, и дальнейший процесс увеличения частоты вращения электродвигателя до нормальной происходит автоматически.

Реле времени *КТ1* вследствие размыкания цепи его катушки контактом *КМ1:2* магнитного пускателя *КМ1* через заданное время возвращается в исходное положение, замкнув контакт *КТ1:2* и разомкнув контакт *КТ1:1* соответственно в цепях 5 и 3. Так как цепь 5 катушки контактора *КМ2* оказывается замкнутой, контактор срабатывает, замыкая свои силовые контакты и частично уменьшая сопротивление резисторов в цепи ротора электродвигателя *М*, который начнет вращаться с большей частотой.

Размыкание контакта *КТ1:1* в цепи 3 катушки реле времени *КТ2* приводит к тому, что реле через заданное время возвращается в исходное положение, замкнув контакт *КТ2:2* и разомкнув контакт *КТ2:1* соответственно в цепях 6 и 4. При этом срабатывает контактор *КМ3*, который замыкает свои силовые контакты, что приводит к дальнейшему уменьшению сопротивления резисторов в цепи ротора и увеличению частоты вращения электродвигателя *М*.

Размыкание контакта *КТ2:1* в цепи 4 катушки реле

времени $KT3$ вызывает возврат этого реле в исходное положение через заданное время. При замыкании контакта $KT3:1$ реле срабатывает контактор $KM4$, его силовые контакты замыкают обмотку ротора электродвигателя M и его частота вращения возрастает до нормальной. Контакт $KM4:1$ контактора $KM4$ размыкает цепи 5 и 6 контакторов $KM2$ и $KM3$, и они отключаются.

На этом пуск электродвигателя M заканчивается. Включенными оказываются только магнитный пускатель $KM1$ и контактор $KM4$. Отключается электродвигатель при срабатывании электротеплового реле KK или нажатии кнопки SBI , вследствие чего размыкается цепь 1 катушки магнитного пускателя $KM1$, вспомогательные контакты $KM1:3$ которого разрывают цепь катушки контактора $KM4$, и он отключается, а вся схема приходит в состояние, предшествующее пуску электродвигателя M .

Содержание отчета

1. Тема, порядок выполнения работы и цель занятия
2. В отчет занести схемы (рисунки 1,2,3), и краткие сведения о принципе их работы.

Контрольные вопросы

1. В чем отличия совмещенного и разнесенного способа управления асинхронным электродвигателем?
2. Что понимается под реверсивным управлением электродвигателем?
3. Управление асинхронным двигателем с фазным ротором.
4. Для чего предназначено реле времени $KT1$ (рисунок 3).
5. Для чего предназначен магнитный пускатель?

Лабораторная работа № 4

Монтаж схем управления с магнитными пускателями и элементами автоматики

Цель работы:

Изучение конструкции и принципа действия магнитного пускателя, теплового реле и концевого выключателя. Освоение методики составления монтажных схем управления. Изучение особенностей монтажа схемы с магнитным пускателем.

Методические указания

1. Подготовить титульный лист отчёта и разделы основной части, включающие теоретическое обоснование, обозначения и термины, средства обеспечения и материалы.
2. Повторить тему «Пускорегулирующая аппаратура».

Порядок выполнения работы

1. Исследовать время токовые зависимости теплового реле ТРН-10;
2. Познакомиться с устройством и научиться проверять нереверсивный магнитный пускатель;
3. Исследовать магнитный пускатель;

Теоретические сведения

Пускатель – коммутационный аппарат для дистанционного или автоматического управления электроустановками. Они делятся на *электронные* и *электромеханические*.

Электронные пускатели не имеют контактов. Тиристор - управляемый вентиль, который открывается тогда, когда на его управляющий электрод подан небольшой положительный потенциал (4...8 В) по отношению к катоду. Тиристор пропускает ток только в одном направлении, по-

этому в цепях переменного тока тиристоры включают встречно-параллельно один тиристор пропускает одну полуволну тока, второй - встречную полуволну. Тиристоры изготавливают на токи от 50 мА до 1000 А и напряжение до 1000 В.

На базе тиристоров выпускают пускатели, регуляторы напряжения.

Тиристорный пускатель (рисунок 1) состоит из силового блока, схемы управления, блока защиты БЗ и источника питания ИП цепей управления.

Тиристорные пускатели серии ПТ служат для дистанционного управления трехфазными электродвигателями с короткозамкнутым ротором, а также для включения и отключения других трехфазных электроприемников. Тиристорные пускатели выпускаются как неререверсивные, так и реверсивные. Условное обозначение пускателя расшифровывается следующим образом:

ПТ 16-380-У5-2

пускатель тиристорный

номинальный ток, 16 А

напряжение цепи, 380 В

климатическое исполнение и категория размещения, У5

исполнение (1-взрывобезопасное, 2- общепромышленное)

Нормальные условия эксплуатации: температура окружающей среды от 20 до +50 С0; влажность воздуха 95±3% при t = +35 С0; вибрации с ускорением до 4g; ударные нагрузки с ускорением до 15g; длительные наклоны в любую сторону до 45°. Пускатели не допускают работу в агрессивных средах, содержащие пары кислот и щелочей, разрушающих металл и изоляцию. В пускателе типа ПТ 16-380-У5-2 в качестве силовых коммутационных элементов использованы тиристоры типа Т 50-9(ГОСТ

14069-72) с номинальным током 50 А и класса 9. Однако номинальные и рабочие токи тиристорного пускателя выбираются иными в связи с реальными условиями коммутации (число пусков в час, наличие больших пусковых токов электродвигателя с короткозамкнутым ротором).

Пускатели могут работать в продолжительном режиме (I-25А) с числом включений в час не более 10 и повторно-кратковременном режиме (1-16 А) с ПВ не более 60 % при частоте до 600 включений в час с номинальными токами нагрузки. Предельная (аварийная; коммутационная способность во время включения и отключения при $\cos\phi=0,6$ составляет 400 А; ресурс не менее 10000 ч; электрическая износостойкость не менее $1 \cdot 10^{10}$ циклов включение - отключение.

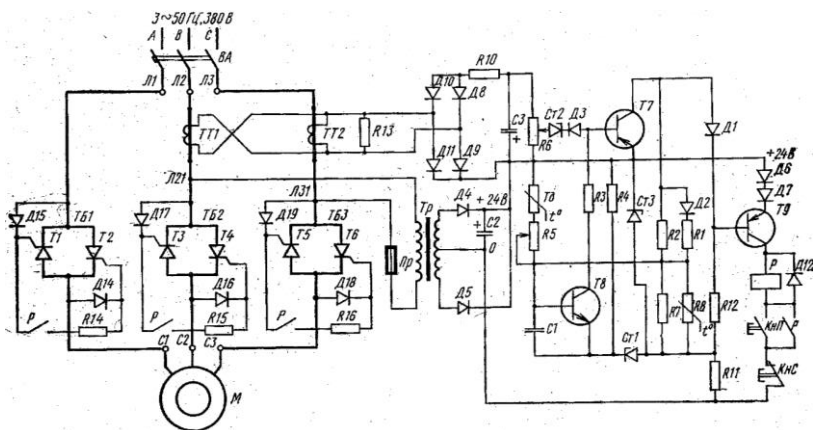


Рисунок 1 – Схема тиристорного пускателя типа ПТ

Пускатели снабжены максимальной токовой защитой с током срабатывания $9-10 I_n$ и тепловой защитой тиристоров от перегрузки. Последняя осуществляется термодатчиком, размещенным на охладителе одного из тиристоров. Защиту от перегрузок электродвигателя пускатель не

осуществляет. Схема пуска состоит из силовой схемы, схемы управления, схемы защиты и источника питания (24 В постоянного тока). Силовая часть состоит из тиристорov, включенных на каждую фазу встречно-параллельных.

Управление силовыми тиристорами осуществляется широтно-импульсным методом. Импульсы управления тиристорами формируются из анодного напряжения тиристорov. В исходном положении все тиристоры закрыты и находятся под фазным напряжением. После замыкания контактов реле Р при положительной полуволне напряжения сети на аноде тиристора Т2 ток управления анода к катоду идет через диод Д15, контакт реле, резистор R14. Тиристор Т2 открывается. С открытием тиристора автоматически снимается сигнал управления, т.к. падение напряжения на открытом тиристоре не превышает 1В. При переходе тока через нуль тиристор Т2 закрывается. При обратной полуволне тока аналогично открывается тиристор Т1. Аналогично формируется импульс управления тиристорами и в других фазах.

Работает пускатель следующим образом. При подаче напряжения сети на зажимы пускателя Л1, Л2, Л3 получает питание трансформатор Тр, вторично напряжение выпрямляется и подается на элементы управления и защиты. На элементы управления (реле Р) напряжение подается только при нажатии кнопки КнП - «ПУСК». При замыкании контактов этой кнопки включается реле Р. После включения этого реле, замыкаются замыкающие контакты в цепях управления тиристорov, тиристоры открываются и напряжение подается на нагрузку. При нажатии кнопки КнП - «СТОП» реле отключается, снимаются импульсы управления с тиристорov, и нагрузка отключается. Таким образом, схема осуществляет также нулевую блокировку, которая обуславливается схемой включения реле Р.

Блок защиты предназначен для отключения пускателя

в аварийных режимах и удержания его в отключенном состоянии до осмотра установки и устранения неисправности.

Резистор R6 служит для регулировки порога срабатывания максимальной токовой защиты, резистор R5 - для регулирования порога срабатывания тепловой защиты от перегрузки тиристоров. Ток нагрузки контролируется в двух фазах трансформаторами тока ТТ1, ТТ2, вторичные обмотки которых включены на резистор R13. Напряжение с этого резистора выпрямляется и через стабилитрон Ст.2 подается на базу транзистора Т7. При нормальном токе в цепи нагрузки транзисторы Т7, Т8 закрыты. Увеличение тока нагрузки до (9... 10) I_н приводят к увеличению сигнала с резисторов R6 или R7 до значения спорных напряжений стабилитронов Ст1 и Ст2 и трансформаторы Т7 и Т8 отпираются. В результате чего переход эмиттер-база транзистора Т9 шунтируется транзистором Т7 через диод Д1. Транзистор Т9 запирается, что приводит к отключению реле Р. Так, как транзистор Т8 остается при этом открытым, то транзистор Т9 остается запертым до возвращения схемы в исходное положение, для чего нужно снять напряжение на входе пускателя.

Электромеханические пускатели коммутируют силовую цепь электромагнитным контактором, поэтому их называют *магнитными пускателями* (МП).

Магнитный пускатель - электрический аппарат, предназначенный для пуска, остановки и защиты электрических двигателей и коммутации других силовых цепей. Обычно магнитные пускатели используют для дистанционного управления электродвигателем.

Магнитный пускатель, который позволяет включать электродвигатель лишь в одном направлении вращения, называется *неревверсивным*. В конструктивном отношении пускатель - электрический аппарат, контакты которого удерживаются в замкнутом состоянии с помощью элект-

тромагнита и размыкаются при исчезновении или понижении напряжения на зажимах его обмотки.

Выбирают магнитный пускатель, исходя из номинального тока, номинального напряжения и условий эксплуатации, а также по необходимости реверсирования и тепловой защиты.



Рисунок 2 – Виды магнитных пускателей

Контактор - это катушка, магнитопровод которой имеет подвижный якорь с силовыми и вспомогательными контактами. Протекающий через катушку ток намагничивает сердечник, притягивается якорь, замыкая силовые контакты, подающие напряжение на электроустановку. Для управления МП используют переменный и, в ответственных случаях, постоянный ток.

В сельскохозяйственном производстве рекомендуется использовать МП серий ПМЕ, ПА, ПМЛ, ПАЕ, ПМА (рисунок 2), но наиболее перспективны серии ПМА и ПМЛ, комплектуемые со станциями управления, сигнализацией, устройствами защиты УВТЗ или АЗП, с реверсиро-

ванием или переключением электродвигателей по схеме «звезда-треугольник». После буквенной серии пускателя, например, ПМЛ следуют цифровые коды, обозначающие:

X – величина пускателя по номинальному току (1 – 10 А, 2 – 25 А, 3 – 40 А, 4 – 63 А);

X – исполнение пускателей по назначению и наличию теплового реле (1 – нереверсивный, без теплового реле; 2 – нереверсивный, с тепловым реле; 5 – реверсивный пускатель без теплового реле с механической блокировкой для степени защиты IP00 и IP20 и с электрической и механической блокировками для степени защиты IP40 и IP54; 6 – реверсивный пускатель с тепловым реле с электрической и механической блокировками; 7 – пускатель звезда-треугольник степени защиты 54);

X – исполнение пускателей по степени защиты и наличию кнопок управления и сигнальной лампы (0 – IP00; 1 – IP54 без кнопок; 2 – IP54 с кнопками «Пуск» и «Стоп»; 3 – IP54 с кнопками «Пуск», «Стоп» и сигнальной лампой (изготавливается только на напряжения 127, 220 и 380 В, 50 Гц); 4 – IP40 без кнопок; 5 – IP40 с кнопками «Пуск» и «Стоп»; 6 – IP20);

X – число и вид контактов вспомогательной цепи (0 – 1з (на ток 10 и 25 А), 1з + 1р (на ток 40 и 63 А), переменный ток; 1 – 1р (на ток 10 и 25 А), переменный ток; 2 – 1з (на ток 10, 25, 40 и 63 А), переменный ток; 5 – 1з (на 10 и 25 А), постоянный ток; 6 – 1р (на ток 10 и 25 А), постоянный ток); X – сейсмостойкое исполнение пускателей (С);

X – исполнение пускателей с креплением на стандартные рейки P2-1 и P2-3;

XX – климатическое исполнение (О) и категория размещения (2, 4);

X – исполнение по коммутационной износостойкости (А-2-4 млн. циклов вкл-откл, Б-1 - 1 млн. циклов, В – 0,3 млн. циклов).

Устройство магнитного пускателя

Конструкция магнитного пускателя условно разделяется на верхнюю и нижнюю части. Вверху располагается подвижная система контактов совместно с дугогасительной камерой. Здесь же находится и подвижная половинка электромагнита, имеющая механическую связь с силовыми контактами, входящими в подвижную контактную систему (рисунок 3).

В нижней части устройства расположена катушка, возвратная пружина и вторая часть электромагнита. Основной функцией возвратной пружины является возврат верхней половинки в исходное положение после того как прекращается подача питания на катушку. Таким образом, происходит разрыв силовых контактов пускателя. В конструкцию обеих половинок электромагнита входят Ш-образные пластины, для изготовления которых использована электромагнитная сталь. В качестве обмотки применяется медный провод с определенным количеством витков, рассчитанных на работу с определенным питающим напряжением, значением 24, 36, 110, 220 и 380 В. Подача напряжения приводит к появлению в катушке магнитного поля. В результате, обе половинки стремятся соединиться, что приводит к образованию замкнутого контура. При отключении питания, магнитное поле исчезает, и верхняя часть возвращается в исходное положение под действием возвратной пружины.



Рисунок 3 – Устройство магнитного пускателя

Принцип работы

Принцип действия магнитного пускателя заложен уже в его названии. Он срабатывает как электромагнит, когда электрический ток проходит по обмотке катушки. После срабатывания силовых контактов, происходит запуск электродвигателя (рисунок 4).

Общая конструкция устройства включает в себя основную часть, закрепленную стационарно и подвижный якорь, передвигающийся по направляющим. В самом упрощенном виде пускатель является единой кнопкой, корпус которой оборудован клеммами для подключения силовых цепей и стационарных контактов.

Подвижная часть оборудована контактным мостиком, обеспечивающим двойной разрыв силовой цепи, чтобы отключить питание нагрузки. Кроме того, эта деталь предназначена для надежного электрического соединения проводов входа и выхода, когда схема включается в работу. Проверить работу системы можно вручную. Для этого нужно надавить на якорь и ощутить усилие от сжатия пружин. Именно это усилие должно преодолеваться магнитным полем. Когда якорь отпускается, контакты отбрасываются пружинами в отключенное положение.

В процессе работы такое ручное управление не применяется, оно необходимо только для проверок. Фактически используется только дистанционная коммутация под действием электромагнитного поля. Само поле возникает в катушке под влиянием электротока, проходящего через ее витки. Прохождение тока значительно улучшается за счет шихтованного стального магнитопровода, разделенного на две части. При отсутствии электрического тока, магнитное поле вокруг катушки тоже исчезает. Это приводит к отбрасыванию якоря вверх за счет энергии пружин. Когда ток вновь начинает проходить по обмотке, возникают магнитные силы, обеспечивающие движение якоря вниз.

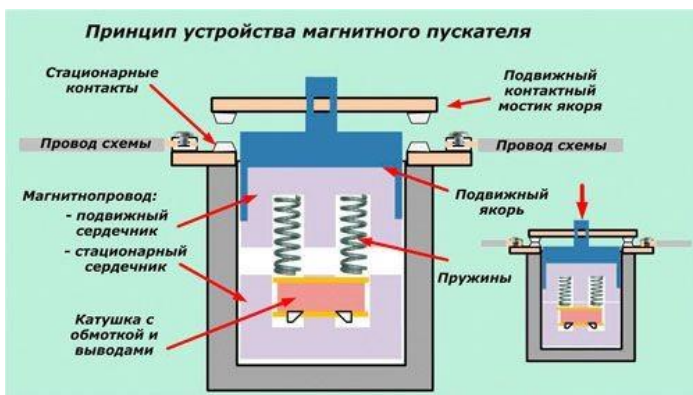


Рисунок 4 – Устройство магнитного пускателя

Нижнее положение якоря оказывает влияние на работу всего устройства. В этом положении контакты должны надежно соединяться между собой. В случае ослабления возможно подгорание контактов, чрезмерный нагрев и последующее отгорание проводов.

Защита от перегрузки силовых цепей с МП *автоматически* производится *тепловым реле*.

Тепловое реле применяют для защиты электродвигателя от небольших длительных перегрузок, при которых может возникнуть опасность разрушения изоляции электрооборудования. Тепловое реле защищает также двигатель переменного тока при обрыве одного из проводов питающей линии, так как в этом случае ток в двух неповрежденных фазах становится больше номинального. По этой причине включают нагревательные элементы теплового реле в две фазы электродвигателя переменного тока. Главным элементом теплового реле является биметаллическая пластинка, состоящая из двух сваренных между собой пластинок металлов с различными коэффициентами температурного линейного расширения. При увеличении тока пластинка нагревается и изгибается в сторону пластинки с

меньшим температурным коэффициентом. Нагрев происходит при прохождении тока через нагревательный элемент, расположенный вблизи биметаллической пластинки или непосредственно через саму пластинку. При определенной температуре нагрева, что зависит от тока и времени, деформация биметаллической пластинки достигает величины достаточной для перемещения подвижной контактной системы, что приводит к разрыву в электрической цепи управления, и электродвигатель отключается от сети. Возврат контактов возможен вручную либо автоматически (самовозвратом).

Тепловое реле не защищает электродвигатель от токов короткого замыкания в связи с большой тепловой инертностью биметаллической пластинки. Тепловые реле выпускаются на различные токи установки срабатывания и могут иметь возможность плавной регулировки с помощью регулировочного винта, который меняет положение упорной планки, а, следовательно, и необходимый для срабатывания реле угол изгиба биметаллической пластинки. Чем выше ток перегрузки, тем быстрее срабатывает реле.

Конечные выключатели - устройства, воздействующие на управляющую цепь электродвигателя путем коммутации тока катушки пускателя. Электродвигатель при этом останавливается или изменяет направление вращения.

По принципу действия различают контактные или бесконтактные конечные выключатели. Контактные выключатели срабатывают от механического воздействия. В бесконтактных конечных выключателях используется магнитные герметизированные реле, срабатывающие от поля постоянного магнита, установленного в пункте срабатывания. В сельскохозяйственном производстве используют контактные конечные выключатели типов ВК-101(1р), ПКВ 2100 (1р+1з) и бесконтактные типа ВКУ.

Схема управления электродвигателем

Типовые схемы управления асинхронным электродвигателем М1 магнитным пускателем КМ1 с тепловым реле КК1 и управления электродвигателем М2 с двух мест магнитным пускателем КМ2, тепловым реле КК2 и конечным путевым выключателем SQ1 приведены на рисунке 2.

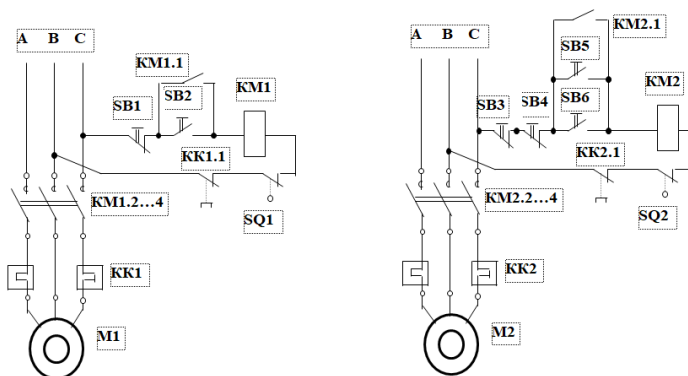


Рисунок 5 - Электрические принципиальные схемы нереверсивного управления асинхронным электродвигателем М1 магнитным пускателем КМ1 с блокировкой кнопки «ПУСК» с защитой тепловым реле КК1 и блокировкой пути конечным выключателем SQ1 и асинхронным электродвигателем М2 пускателем КМ2 с двух мест, защитой тепловым реле КК2 и блокировкой пути выключателем SQ2

Ход выполнения работы

1. Определить тип и параметры магнитных пускателей, тепловых реле, кнопочных станций управления и конечных выключателей и их соответствие электродвигателю на стенде.
2. По заданным принципиальным схемам разработать монтажные схемы управления асинхронным электро-

двигателем:

- нереверсивную схему управления с защитой тепловым реле, блокировкой кнопки «Пуск» и конечным выключателем;

- нереверсивную схему управления с двух мест.

3. Собрать схему управления электродвигателем с защитой и блокировкой и после проверки преподавателем опробовать её.

A
B
C
N

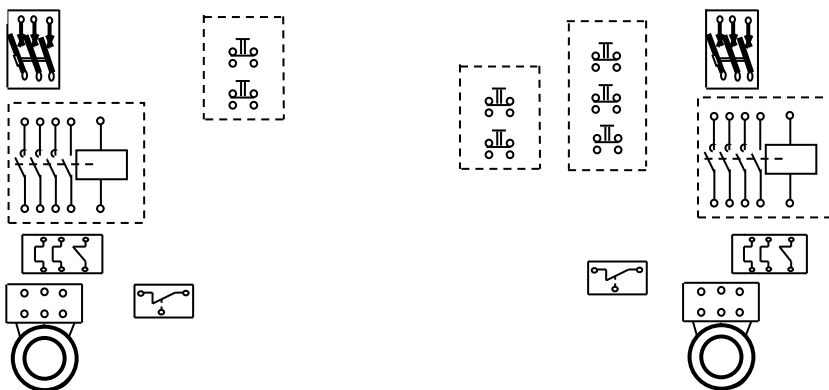


Рисунок 3 - Схемы электрические монтажные управления электродвигателем

Содержание отчета

1. Тема, порядок выполнения работы и цель занятия
2. В отчёт занести устройство, принцип работы и назначение пускозащитной аппаратуры, монтажные схемы.

Контрольные вопросы

1. Укажите назначение вспомогательных (блокировочных) контактов магнитного пускателя.
2. Почему сердечник и якорь пускателя изготовлены не сплошными, а из стальных пластин?

3. Объясните работу электрической схемы нереверсивного управления асинхронного электродвигателя с тепловым реле.

4. Объясните работу электрической схемы нереверсивного управления электродвигателем с двух мест, с защитой электродвигателя от перегрузки и с блокировкой пути конечным выключателем.

5. Расскажите принцип действия теплового реле.

6. По какому принципу классифицируются магнитные пускатели?

7. Расскажите устройство магнитного пускателя.

8. Расскажите принципе действия магнитного пускателя.

9. Расскажите о назначении короткозамкнутого витка на сердечнике магнитного пускателя.

10. Перечислите операции по подготовке электродвигателей перед их монтажом?

11. Для чего в магнитном пускателе установлено тепловое реле? Расскажите принцип его действия.

12. Когда следует использовать магнитные пускатели с питанием постоянным током?

13. Как осуществляется выбор магнитных пускателей?

Лабораторная работа № 5

Исследование работы магнитного пускателя

Цель работы:

Изучить устройство магнитного пускателя и включить асинхронный короткозамкнутый двигатель в реверсивном режиме работы.

Методические указания

1. Подготовить титульный лист отчёта и разделы основной части, включающие теоретическое обоснование, обозначения и термины, средства обеспечения и материалы.
2. Повторить тему «Пускорегулирующая аппаратура».

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с устройством различных типов магнитных пускателей, кнопочных станций и назначением отдельных элементов.
2. Включить асинхронный короткозамкнутый двигатель с помощью магнитного пускателя по схемам: обычной, «толчок», совмещенной и при управлении с двух мест.
3. Определить параметры минимальной (нулевой) защиты, осуществляемой катушкой магнитного пускателя.
4. Ознакомиться с устройством реверсивного магнитного пускателя и назначение отдельных его частей, снять эскиз устройства.
5. Определить с помощью лампы накаливания принадлежность отдельных элементов пускателя (клеммных выводов, выводов катушек, замыкающих и размыкающих главных и блок контактов).
6. Начертить принципиальную электрическую схему управления асинхронным короткозамкнутым электродвигателем с блокировкой размыкающими контактами реверсивного магнитного пускателя. Разобраться в работе схемы.

7. Собрать электрическую схему управления асинхронным короткозамкнутым электродвигателем в реверсивном режиме с блокировкой размыкающими контактами пускателя, пустить в ход асинхронный электродвигатель и проверить действие блокировки.

8. Начертить и собрать электрическую схему управления асинхронным короткозамкнутым двигателем в реверсивном режиме с блокировкой размыкающими контактами кнопочной станции. Пустить в ход асинхронный электродвигатель и проверить действие блокировки.

Теоретические сведения

Магнитный пускатель предназначен для автоматического или дистанционного управления асинхронным короткозамкнутым двигателем. Он состоит из контактора переменного тока и теплового реле для защиты электродвигателя от перегрузки.

Все это установлено в металлическом закрытом кожухе, ящике или шкафу управления.

Тепловые реле в магнитных пускателях монтируются обычно по бокам магнитной системы. На кожухе имеется специальная кнопка возврата контактов тепловых реле после их срабатывания и отсасывания. Некоторые типы магнитных пускателей не имеют тепловых реле.

Электромагнитным контактором называется устройство для включения и отключения силовой электрической цепи при помощи электромагнита.

Электромагнитный контактор состоит из электромагнита и контактной системы. Контакты в контакторах подразделяются на главные и вспомогательные (блокировочные).

Главные контакты предназначены для замыкания и размыкания главных цепей, по которым протекают токи нагрузки электродвигателей, электронагревателей и других

электроприемников. Главные контакты без дугогасящих устройств применяются в основном для шунтирования пусковых и других сопротивлений (при этом не происходит разрыва электрической цепи). Главные контакты, предназначенные для разрыва электрической цепи под нагрузкой, должны иметь дугогасящие устройства.

Вспомогательные контакты предназначены для коммутирования цепей управления и сигнализации и поэтому рассчитаны на небольшие номинальные токи (6-10А). Допустимая частота включений контакторов до 600-1200 в час.

По роду коммутируемого тока контакторы бывают постоянного и переменного тока. Магнитная система контакторов постоянного и переменного тока. Магнитная система контакторов постоянного тока состоит из сплошных кусков электротехнической стали. Магнитная система контакторов переменного тока собрана из отдельных листков электротехнической стали.

Для устранения вибрации магнитной системы при питании втягивающей катушки переменным током на отдельных частях электромагнита (в области прилегания якоря и сердечника) имеются короткозамкнутые витки из меди или латуни. Благодаря этим виткам сила притяжения электромагнита не уменьшается до нуля при прохождении тока втягивающей катушки через нуль, что устраняет вибрацию магнитной системы.

При выборе магнитных пускателей, прежде всего, необходимо обращать внимание на наибольшую мощность электродвигателя, работой которого управляет пускатель. Если магнитный пускатель управляет двигателем большей мощности, чем указано в таблице, то контактная система пускателя быстро выйдет из строя. Кроме того, необходимо обращать внимание на напряжение, указанное на втягивающей катушке, которое должно соответствовать напря-

жению сети. Таким образом, в сетях напряжением 380/220 В можно использовать катушки на 220 В и включить их на фазное напряжение. Если напряжение сети больше, чем напряжение катушки, то последняя сгорит при первом же включении магнитного пускателя.

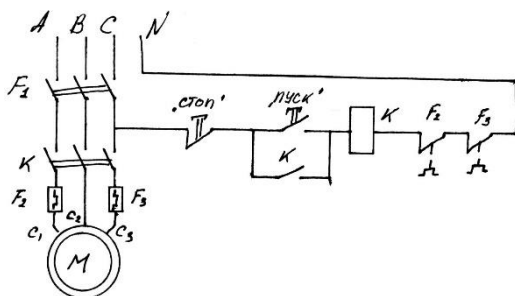


Рисунок 1 - Схема включения электродвигателя с помощью пускателя

На рисунке 1 представлена развернутая схема неререверсивного магнитного пускателя. Для пуска и остановки двигателя используется кнопочная станция с двумя кнопками. При нажатии кнопки «ПУСК» через размыкающий контакт «СТОП» замыкается цепь катушки и магнитного пускателя. Это вызывает срабатывание контактов к главной цепи двигателя, и он оказывается включенным в цепь (сеть). Одновременно замыкается замыкающий блок-контакт (контакт самопитания), включенный параллельно кнопке управления. Электродвигатель отключают от сети нажатием кнопки «СТОП».

Схема обеспечивает нулевую (минимальную) защиту электрической установки от самопроизвольного повторного включения при восстановлении напряжения сети после аварийного снижения его до нуля или недопустимо низких значений.

При срабатывании магнитного пускателя вследствие перебоев в электроснабжении размыкаются все его контакты, в том числе и блок контакты. При появлении напряжения в сети пускатель не включается до тех пор, пока не будет нажата кнопка «ПУСК». То же происходит, когда напряжение сети падает до 50-60% номинального. Если электродвигатель включить рубильником, то при перебое в электроснабжении и остановке двигателя схема не нарушится, при восстановлении напряжения двигатель самопроизвольно включится в цепь. Такой самопроизвольный пуск двигателя может явиться причиной аварии или несчастного случая.

На схеме видно, что замена кнопки аппаратом ручного управления без самовозврата, например, пакетным выключателем или тумблером, также приводит к тому, что схема теряет свойство нулевой защиты. Схему используют в случае длительной работы электропривода.

Иногда требуется, чтобы электропривод (например, металлорежущих станков) работал лишь при нажатии кнопки «ПУСК». Подобное управление необходимо при различных установочных операциях, когда при кратковременном нажатии на кнопку должно произойти небольшое перемещение (толчком) движущего элемента станка. В этом случае не нужны блок контакты и кнопки «СТОП». Такая схема управления представлена на рисунке 2(а).

Часто возникает необходимость управления одним и тем же приводом в обоих указанных режимах. Схема, обеспечивающая такое управление, изображена на рис. 2(б).

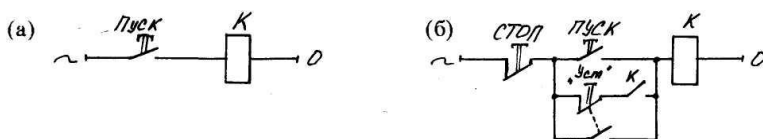


Рисунок 2 - а-схема «толчок»; б-совмещенная схема

В такой схеме при кратковременном нажатии на кнопку «ПУСК» обеспечивается длительная работа привода. В случае нажатия на кнопку «ПУСК» (установка) ее замыкающий контакт включает катушку К, а размыкающий -разрывает цепь блок контакта. Применяя эту схему, необходимо учитывать возможность задержки срабатываемого контакта. Размыкающий контакт отпущенной кнопки «ПУСК» может замкнуться раньше, чем разомкнётся блок-контакт К и двигатель будет продолжать работать.

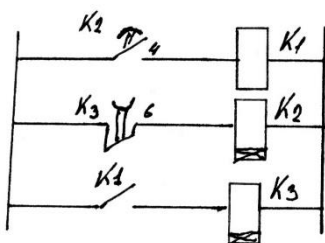


Рисунок 3 – Схема пульс-пары

При помощи пульс-пары (рисунок 3) можно обеспечить повторно-кратковременный режим работы управляемого двигателя. При подаче напряжения включается катушка реле К2. Например, через 4 минуты контакт К2 замыкается и магнитный пускатель К1 включает управляемый двигатель. При этом одновременно через блок-контакт пускателя включается второе реле времени К3. Контакт этого реле размыкается через 6 минут и отключает первое реле времени К2. Отключается и пускатель. При отключении пускателя разрывается цепь питания реле К3 и схема приходит в первоначальное состояние. Этот цикл повторяется до тех пор, пока схема не отключится от питающей сети. Изменяя установки реле, можно получить разные продолжительности включения двигателя.

Для управления электродвигателями, работающими в реверсивном режиме, выпускаются реверсивные магнитные пускатели, которые отличаются от обычных тем, что у реверсивных магнитных пускателей имеются две втягивающие катушки и два комплекта главных и блок контактов. Кроме того, реверсивные магнитные пускатели снабжаются механической блокировкой -устройством, которое предназначено для предохранения от одновременного включения втягивающих катушек пускателя.

Механическая блокировка представляет собой устройство в виде коромысла, которое удерживает подвижную систему магнитного пускателя от включения в то время, когда включена (работает) другая подвижная система магнитного пускателя. Одновременное включение двух втягивающих пускателей приводит к двухфазному короткому замыканию. Кроме механической блокировки в электрических схемах применяется блокировка, которая также исключает одновременное включение обеих втягивающих катушек.

Для управления электродвигателями в реверсивном режиме вместо реверсивного пускателя могут быть использованы два магнитных пускателя для управления при одностороннем вращении электродвигателей. На рисунке 4 представлена электрическая схема управления короткозамкнутым асинхронным двигателем. Она состоит из главной цепи и цепи управления. В ней применяется электрическая блокировка с помощью размыкающих контактов магнитных пускателей Н и В в цепях втягивающих катушек магнитных пускателей В и Н. Причем размыкающие контакты Н включены последовательно в цепь катушки пускателя В. А размыкающие контакты В - последовательно в цепь катушки пускателя В, а размыкающие контакты В - последовательно в цепь катушки пускателя Н.

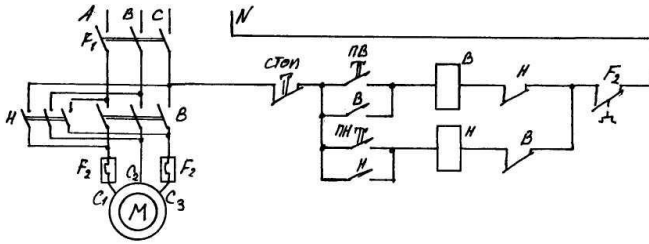


Рисунок 4 - Схема управления асинхронным короткозамкнутым двигателем с блокировкой размыкающими блок контактами магнитного пускателя

Схема (рисунок 4) работает следующим образом. При нажмe на кнопку ПВ (пуск вперед) замыкается цепь катушки пускателя В, главными контактами подключается обмотка статора электродвигателя к сети, а блок контактом того же пускателя шунтируется пусковая кнопка и размыкающим контактом В размыкается цепь втягивающей катушки пускателя Н. Для того, чтобы перевести двигатель на работу в режиме «назад», необходимо в начале остановить его кнопкой «СТОП», а затем пустить в обратном направлении.

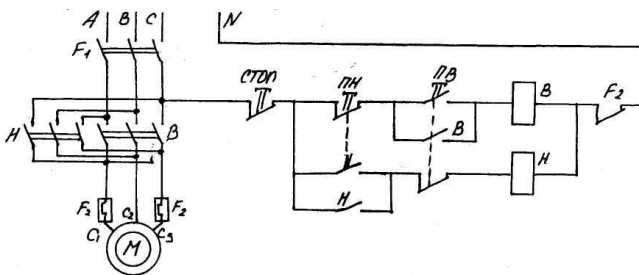


Рисунок 5 - Схема управления асинхронным короткозамкнутым электродвигателем с блокировкой размыкающими контактами кнопочной станции

В электрической схеме управления (рисунок 5) блокировка осуществляется с помощью размыкающих контактов кнопочных станций «вперед» и «назад».

В большинстве случаев, кнопочные станции изготовлены так, что каждая из кнопок имеет две пары контактов - размыкающие и замыкающие, как это схематично показано на рисунке 6.

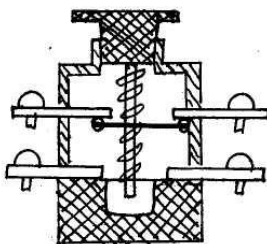


Рисунок 6 - Схема расположения контактно - кнопочной станции

Таким образом, при нажатии на кнопку одновременно срабатывают замыкающие и размыкающие контакты кнопочной станции.

Схема (рисунок 5) работает следующим образом. При нажатии кнопки ПВ замыкается цепь катушки пускателя В, главными контактами пускателя обмотка статора подключается к сети, а блок контактами шунтируется пусковая кнопка ПВ. Если при двигателе, работающем в режиме «вперед» нажать пусковую кнопку ПН, то размыкающим контактом этой кнопки будет разорвана цепь втягивающей катушки пускателя В, отключая обмотку статора от сети. Одновременно срабатывают главные и блок контакты пускателя Н, которые подключают двигатель для работы в режиме «назад». Таким образом, нет необходимости в данной схеме в нажатии на кнопку «СТОП 2» для перевода двигателя на другое вращение. Применение в

пускателях механической и электрической блокировок обеспечивает надежность работы электродвигателей.

Ход выполнения работы

Собрать и проверить в работе электрическую схему, представленную на рисунке 1.

Собрать и проверить в действии схему управления электродвигателем с двух различных мест. Особенностью этой схемы является то, что обе кнопки «ПУСК» включаются параллельно, а обе кнопки «СТОП» - последовательно друг другу. Кнопочная станция в этом случае располагается одна у рабочего места, другая – у пульта управления.

Собрать и проверить в действии электрические схемы, представленные на рисунке 2а и 2б.

Определить коэффициент возврата магнитного пускателя по формуле:

$$K_B = \frac{U_{\text{вкл}}}{U_{\text{отк}}},$$

где $U_{\text{вкл}}$ - напряжение, при котором магнитный пускатель включается, В;

$U_{\text{отк}}$ - напряжение, при котором катушка отпускает якорь, В

Для определения коэффициента возврата необходимо воспользоваться схемой, представленной на рисунке 7, где цепь управления питается не непосредственно от сети, а через автотрансформатор.

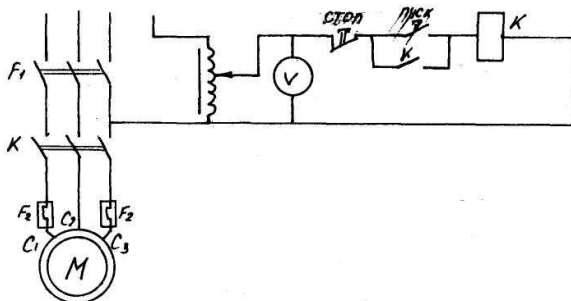


Рисунок 7 - Схема для определения коэффициента возврата магнитного пускателя

Обычно напряжение отключения значительно ниже, чем напряжение включения. Объясняется это тем, что в отключенном состоянии магнитопровод пускателя имеет большой воздушный зазор.

Для того, чтобы создать усилие, достаточное для определения этой силы веса якоря, требуется сравнительно большой ток, а, следовательно, и напряжение. И, наоборот, при замкнутом магнитопроводе электромагнитная сила той же величины создается при значительном токе. Это свойство электромагнитных реле и характеризуется коэффициентом возврата.

При ознакомлении с устройством магнитного пускателя обратить внимание на его тип и конструктивные особенности, расположение главных блок контактов, одновременность нажатия их при срабатывании подвижной системы пускателя.

Содержание отчета

1. Тема, порядок выполнения работы и цель занятия
2. В отчет занести схемы (рисунки 1,2,3,4,5,6,7) и краткие сведения о принципе их работы.

Контрольные вопросы

1. Какая разница между магнитным пускателем и контактором?
2. На основе каких данных производится выбор магнитного пускателя?
3. Что такое коэффициент возврата магнитного пускателя?
4. Что такое нулевая защита и чем она осуществляется?
5. Почему напряжение отключения катушки магнитного пускателя меньше, чем напряжение включения?
6. Сколько проводов необходимо проложить к кнопочной станции расположенной у рабочего места, при управлении двигателем с двух мест?
7. Чем объясняется гудение магнитного пускателя при неплотном прилегании якоря к сердечнику, и каково назначение короткозамкнутого витка в сердечнике катушки?
8. Укажите на электрической схеме, каким образом при отсутствии блокировок и при одновременном нажатии на пусковые кнопки «вперед» и «назад» получается двухфазное короткое замыкание?
9. Будет ли осуществлена блокировка и возможна ли работа схемы, если вместо размыкающих блок контактов включить замыкающие?

Лабораторная работа № 6

Монтаж схем управления двигателями с двумя магнитными пускателями

Цель работы:

Изучение конструкции и принципа действия реверсивного магнитного пускателя. Освоение методики составления монтажных схем реверсивного управления и особенностей монтажа схем с двумя магнитными пускателями.

Методические указания

1. Подготовить титульный лист отчёта и разделы основной части, включающие теоретическое обоснование, обозначения и термины, средства обеспечения и материалы.
2. Повторить тему «Монтаж электродвигателей».

Порядок выполнения работы

1. Изучить возможные неисправности автоматизированных электроприводов;

Теоретические сведения

Реверсивный пускатель обеспечивает реверсирование электродвигателя, т.е. управление его вращением в обе стороны. Он состоит из двух одинаковых пускателей КМ1 и КМ2, контакторы которых изменяют чередование фаз питания на двигателе (с А-В-С на С-В-А по схеме на рисунок 1а) и трехкнопочной станцией.

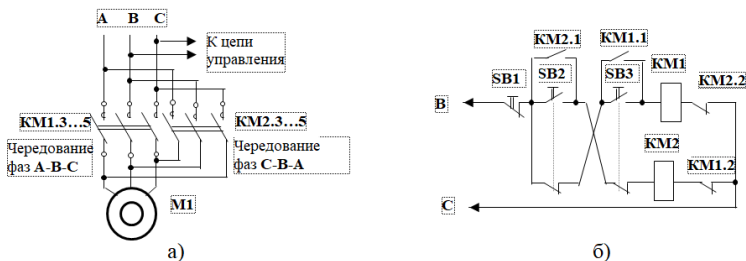


Рисунок 1 - Схема электрическая принципиальная управления электродвигателем с помощью реверсивного пускателя: а) силовые цепи, б) цепи управления

Для исключения одновременного включения двух пускателей, что вызывает короткое замыкание фаз сети и опрокидывание электродвигателя, используют блокировки:

- механическую - с помощью рычагов, препятствующих включению одного пускателя, если включается другой пускатель;

- электрические- с помощью вспомогательных контактов пускателей или кнопок, снабженных размыкающим (Рк) и замыкающим (Зк) контактами, срабатывающими в последовательности – Рк-Зк, или комбинированную (рисунок 1б).

В комбинированной электрической блокировке одновременное включение пускателей КМ1 и КМ2 совместным нажатием кнопок ПУСК (SB2 и SB3) исключается *электрической* блокировкой путем разрыва цепи нормально замкнутыми контактами самих кнопок, а включение другого пускателя при работающем первом *электрически* блокируется вспомогательными контактами КМ1.2 и КМ2.2.

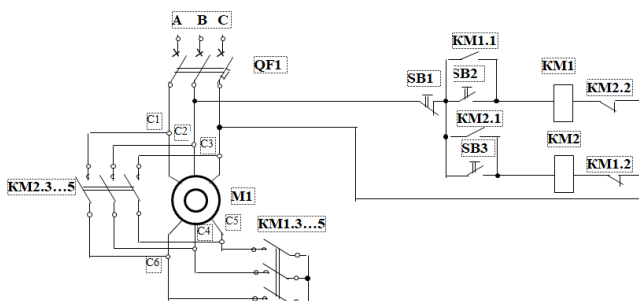


Рисунок 2 - Схема пуска электродвигателя переключением со звезды на треугольник

Схемы с двумя магнитными пускателями используются также для переключения частоты вращения двухскоростных электродвигателей (например, привод молочных сепараторов) и для переключения электродвигателей при пуске со звезды на треугольник (рисунок 2).

После нажатия кнопки SB2 пускатель KM1 на схеме рисунок 2 включает обмотки электродвигателя по схеме звезда. Так как в этом случае напряжение на фазах обмотки статора в $\sqrt{3}$ раз меньше, чем при включении треугольником, то пусковой ток электродвигателя при включении звездой уменьшается в 3 раза. Это позволяет снизить нагрузку на питающую сеть при пуске электродвигателя и уменьшить потери энергии при его разгоне. Затем нажимают кнопку SB3, при этом срабатывает пускатель KM2, который разрывает цепь питания катушки пускателя KM1 и включает обмотки электродвигателя по схеме треугольник. Контакты KM1.2 и KM2.2 блокируют одновременное включение двух пускателей.

При разработке монтажных схем управления электродвигателя магнитными пускателями и кнопочными станциями следует придерживаться следующих правил:

- 1) поток проводов цепей управления следует заводить в корпус кнопочной станции только с одной стороны;
- 2) поток проводов можно показывать в виде одного пучка, но с маркировкой на клеммах аппаратов;
- 3) соединения проводов выполняются только на клеммах аппаратов или двигателя;
- 4) следует избегать перекрещивания проводов;
- 5) маркировку проводов следует вести слева направо и сверху вниз.

Ход выполнения работы

1. Выписать параметры магнитных пускателей, кнопочных станций управления, электродвигателя на стенде и определить соответствие аппаратов управления электродвигателю.

2. По заданным принципиальным схемам разработать монтажные схемы управления асинхронным электродвигателем:

- реверсивную схему управления электродвигателем с блокировками и сигнализацией лампами накаливания;

- схему переключения электродвигателя со звезды на треугольник с сигнализацией включения электродвигателя на полную скорость.

3. Собрать реверсивную схему управления электродвигателем с блокировками и сигнализацией направления вращения и после проверки преподавателем опробовать её.

4. Выполнить монтаж схемы переключения электродвигателя со звезды на треугольник и после проверки преподавателем опробовать её.

Схема электрическая принципиальная реверсивного управления электродвигателем

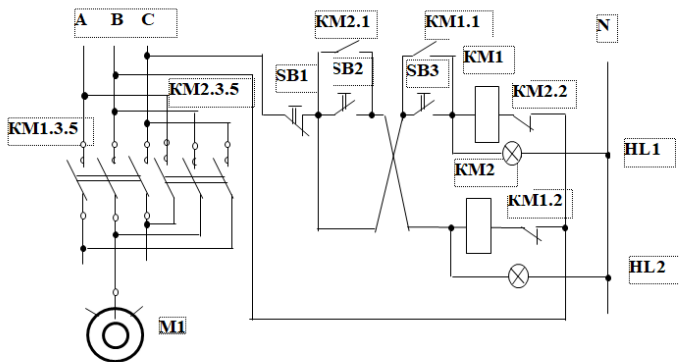
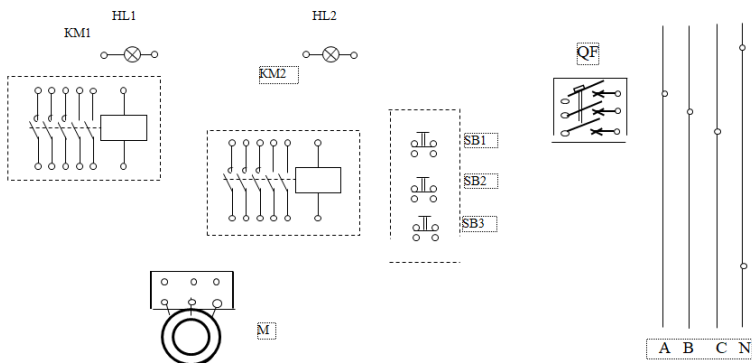
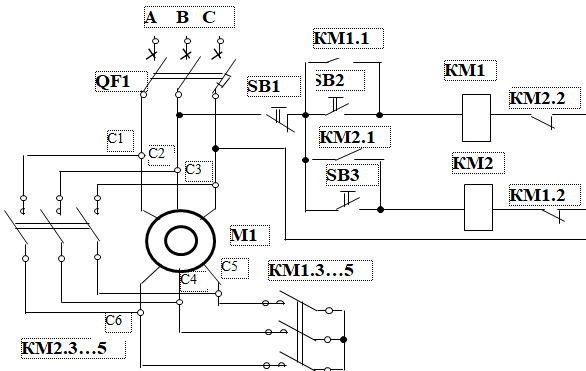


Схема электрическая монтажная реверсивного управления электродвигателем



Принципиальная электрическая схема включения электродвигателя со звезды на треугольник



Монтажная электрическая схема включения электродвигателя со звезды на треугольник

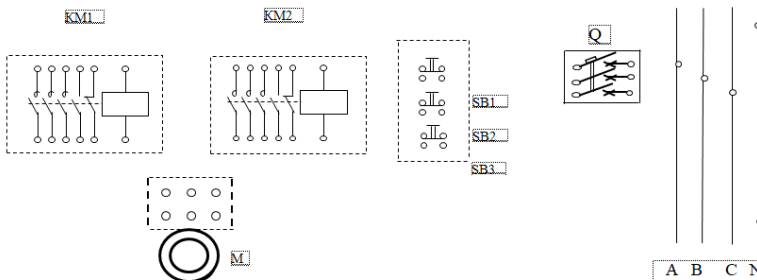


Схема электрическая принципиальная реверсивного управления электродвигателем

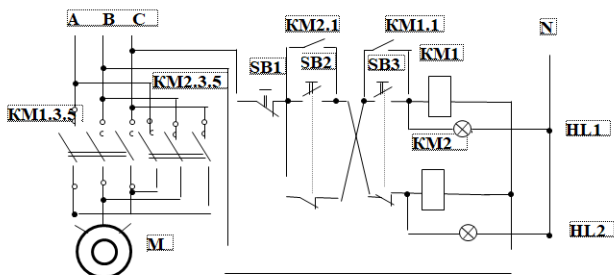
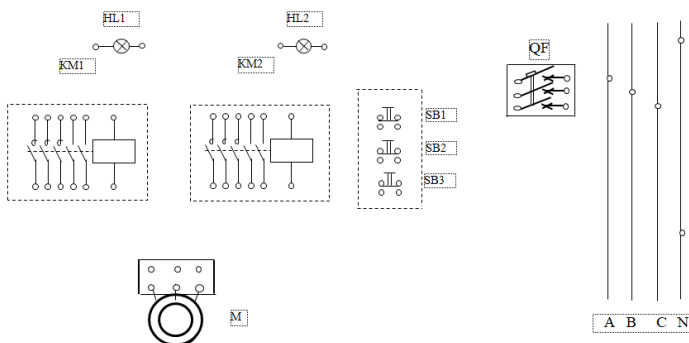
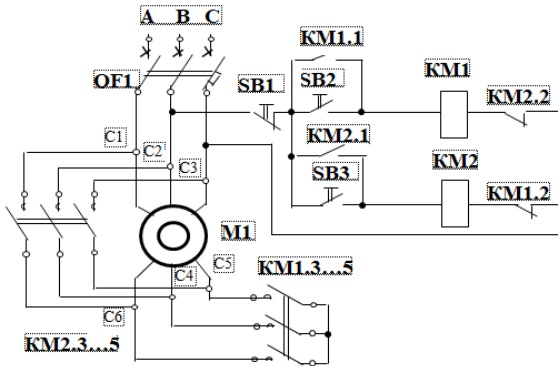


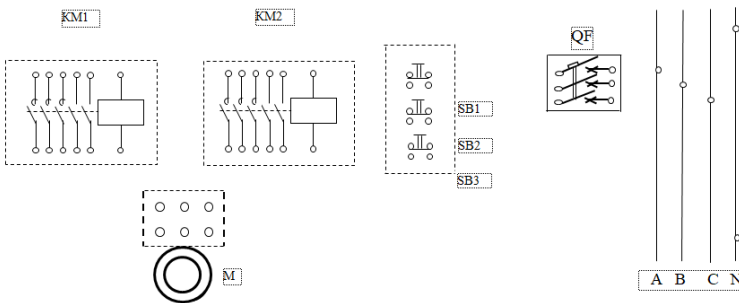
Схема электрическая монтажная реверсивного управления электродвигателем



Принципиальная электрическая схема включения электродвигателя со звезды на треугольник



Монтажная электрическая схема включения электродвигателя со звезды на треугольник



Контрольные вопросы

1. Укажите назначение вспомогательных контактов магнитного пускателя.
2. Почему сердечник пускателя изготовлен из пластин?
3. Объясните работу электрической схемы реверсивного управления асинхронного электродвигателя.
4. Объясните работу электрической схемы управления электродвигателем переключением со звезды на треугольник.
5. В чем заключается принцип работы схемы реверсирования асинхронного двигателя?
6. Зачем прибегают к включению асинхронного электродвигателя по схеме звезда, а затем переключают его на схему треугольник?
7. Почему важно снижать пусковой ток асинхронного электродвигателя?
8. Зачем в схеме реверсивного управления электродвигателя нужна блокировка?
9. Дайте краткую характеристику видам блокировки реверсивного управления асинхронным электродвигателем.
10. Зачем и как проверяется качество изоляции обмоток электродвигателя?
11. В каких случаях катушки магнитных пускателей питают постоянным током?
12. Почему снижаются пусковые потери асинхронного электродвигателя при включении его обмоток по схеме звезда?

Литература

1. Сибикин Ю.Д. Безопасность труда при монтаже, обслуживании и ремонте электрооборудования предприятий : справочник. М.: КНОРУС, 2016. 288 с.
2. Монтаж электрооборудования и средств автоматизации: учеб. для вузов / А.П. Коломиец, Н.П. Кондратьева, С.И. Юран, И.Р. Владыкин. М.: КолосС, 2007. 351 с.
3. Макарова Г.В., Ипатов А.Н. Лабораторный практикум по дисциплине «Монтаж электрооборудования и средств автоматизации». Великие Луки: Изд-во ФГОУ ВПО «Великолукская ГСХА», 2010.
4. Нестеренко В.М., Мысьянов А.М. Технология электромонтажных работ: учеб. для НПО. М.: Академия, 2007.
5. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Технология электромонтажных работ: учеб. пособие для НПО. М.: Высш. шк., 2007.
6. Акимова Н.А., Котеленец Н.Ф., Сентюрихин Н.И. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования: учеб. пособие. М.: Академия, 2011.
7. Полуянович Н.К. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт систем электроснабжения промышленных предприятий: учеб. пособие для вузов. СПб.: Лань, 2012.
8. Илюхин В.В., Тамбовцев И.М., Бурлев М.Я. Монтаж, наладка, диагностика, ремонт и сервис оборудования предприятий молочной промышленности: учеб. пособие для вузов. М.: ГИОРД, 2006.
9. Технология электромонтажных работ: лабораторный практикум / А.Н. Баран [и др.]. Мн.: Дизайн ПРО, 2000. 208 с.
10. Ботян А.М. Монтаж электрооборудования в сельскохозяйственном производстве. Мн.: «Ураджай», 1980. 296 с.

Учебное издание

Безик Валерий Александрович
Филин Юрий Игоревич
Иванюга Михаил Михайлович

**Монтаж, наладка и эксплуатация
электрооборудования
сельскохозяйственных организаций**

Лабораторный практикум

для студентов специальности
35.02.08 «Электрификация и автоматизация
сельского хозяйства»

Часть 4

Редактор Лебедева Е.М.

Подписано к печати 19.02.2018 г. Формат 60x84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Усл. п. л. 3,83. Тираж 25 экз. Изд. № 5516.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ