

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИКИ

**Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2024**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тамбовский государственный технический университет»**

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИКИ

Методические указания для студентов 3 курса, обучающихся
по направлению подготовки 27.03.04 «Управление в технических системах»
(дисциплина «Электромеханические устройства автоматики»),
очной и заочной форм обучения

Учебное электронное издание



Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2024

УДК 681.58
ББК 32.965-04
Э45

Рекомендовано Методическим советом университета

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Электроэнергетика» ФГБОУ ВО «ТГТУ»
А. В. Кобелев

Э45 **Электромеханические** устройства автоматики [Электронный ресурс] : методические указания / сост. : А. А. Третьяков, В. Н. Назаров. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2024. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования : ПК не ниже класса Pentium II ; CD-ROM-дисковод ; 2,0 Mb ; RAM ; Windows 95/98/XP ; мышь. – Загл. с экрана.

Содержат методические указания по выполнению лабораторных работ, направленных на получение компетенций в области применения электромеханических устройств, используемых при построении систем автоматизации и управления техническими системами.

Предназначены для студентов 3 курса, обучающихся по направлению подготовки 27.03.04 «Управление в технических системах» (дисциплина «Электромеханические устройства автоматики»), очной и заочной форм обучения.

УДК 681.58
ББК 32.965-04

*Все права на размножение и распространение в любой форме остаются за разработчиком.
Нелегальное копирование и использование данного продукта запрещено.*

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), 2024

ВВЕДЕНИЕ

Основу технических средств автоматизации, в которых происходит электромеханическое преобразование сигналов, составляют электромеханические устройства, которые можно разделить на два класса – устройства для преобразования входных механических величин в электрические сигналы (датчики) и электромеханические исполнительные устройства [1].

Электромеханические исполнительные устройства в системах автоматического управления воздействуют на объект управления через регулирующие органы (дроссельные заслонки, клапаны, задвижки, шиберы и др.) путем изменения потоков энергии или вещества.

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ МАГНИТНОГО ПУСКАТЕЛЯ

Цель работы:

1. Ознакомиться с конструкцией, принципом работы и способами подключения магнитных пускателей.
2. Реализовать схему самоблокировки магнитного пускателя.

Общие сведения

Для коммутации электрических цепей в системах управления электродвигателями, насосами, электрическими печами и др. применяются трехполюсные контакторы – магнитные пускатели (МП) [2].

На рисунке 1 показана упрощенная конструкция магнитного пускателя.

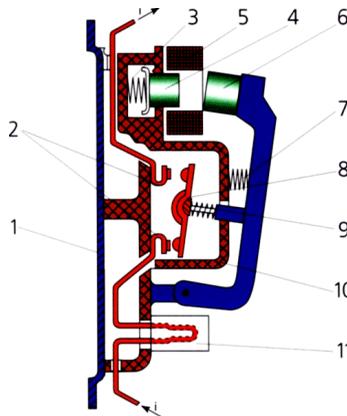


Рис. 1. Конструкция магнитного пускателя:

- 1 – монтажная панель; 2 – неподвижные контакты; 3 – пружина сердечника;
4 – сердечник; 5 – катушка; 6 – якорь; 7 – возвратная пружина якоря;
8 – подвижные контакты; 9 – пружина блока контактов; 10 – дугогасительная камера;
11 – нагревательный элемент (биметаллическая пластина)

МП работает следующим образом: напряжение питания подается на катушку МП, за счет магнитного поля в катушке в нее втягивается металлический сердечник. На сердечнике закреплена группа силовых контактов, которые замыкаются.

На МП (рис. 2, а) может быть установлен блок дополнительных контактов (рис. 2, б). Дополнительные контакты МП могут быть задействованы для сигнализации работы пускателя, для включения дополнительного оборудования МП или для размножения контактов.

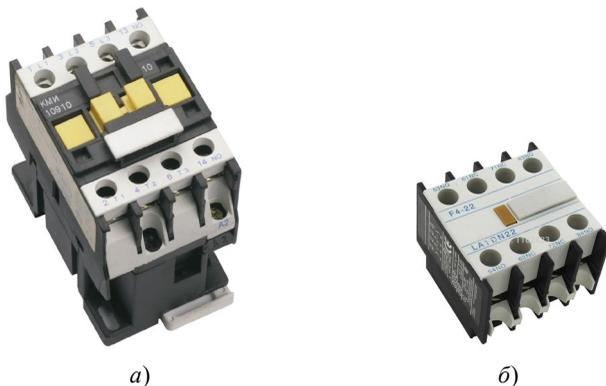


Рис. 2. Магнитный пускатель (а) и блок дополнительных контактов (б)

Условное обозначение МП на принципиальных электрических схемах показано на рис. 3.

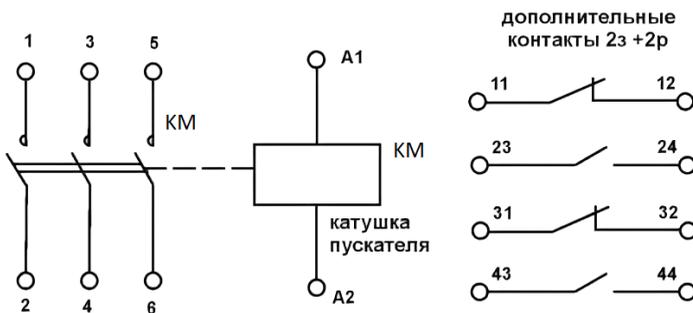


Рис. 3. Условное обозначение МП

На рисунке 3 показана схема самоблокировки МП. При нажатии кнопки SB1 (Пуск) на катушку KM1 МП подается напряжение U . Нормально открытый дополнительный контакт KM1 замыкается, тем самым обеспечивает питание катушки KM1 при отпускании кнопки SB1. Отключение МП происходит при нажатии кнопки SB2.

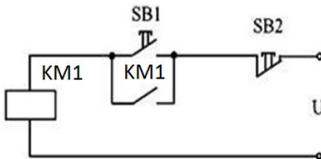


Рис. 4. Схема самоблокировки МП

На рисунке 5 приведена схема электрическая принципиальная прямого пуска асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором.

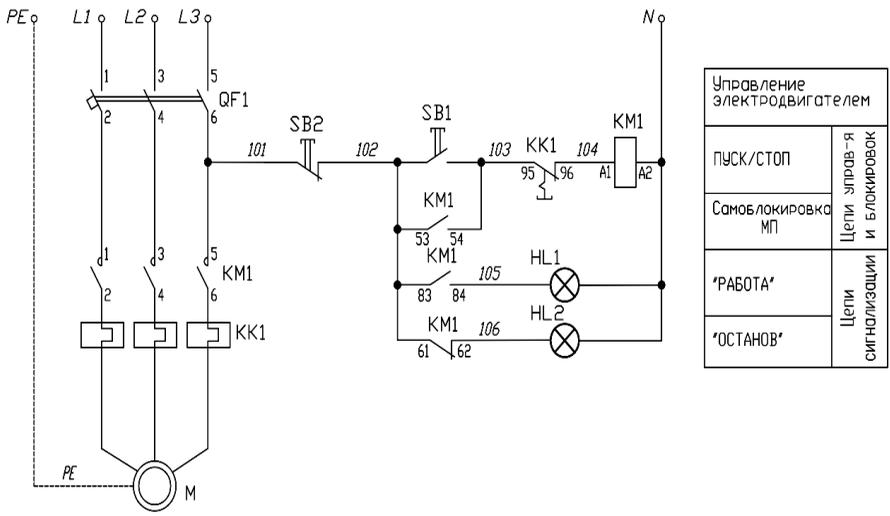


Рис. 5. Схема прямого пуска асинхронного электродвигателя

На схеме присутствуют следующие элементы:

QF1 – вводной трехполюсный автоматический выключатель (ИЭК типа ВА47-29 С25);

KM1 – магнитный пускатель (контактор) с блоком дополнительных контактов (LAEN22);

KK1 – реле электротепловое для защиты двигателя (РТИ 1312, ИЭК);

SB1, SB2 – кнопки управления (ИЭК SB-7, 1з+1р);

HL1, HL2 – сигнальные лампы (AD-22, ИЭК).

Автоматический выключатель (QF) – коммутационный аппарат, предназначенный для защиты электрической цепи от токов короткого замыкания и токов перегрузки (рис. 6). Защита электрической цепи осуществляется за счет расцепителей, установленных внутри корпуса. Для защиты от токов короткого замыкания – электромагнитный расцепитель (срабатывает мгновенно при возникновении сверхтоков), для защиты от токов перегрузки – тепловой расцепитель (срабатывает с выдержкой по времени при протекании токов выше номинального).

Реле электротепловое (KK) – электрический аппарат, предназначенный для защиты электродвигателя от тока перегрузки, который является наиболее вероятной аварийной ситуацией для асинхронного электродвигателя [3].

Принцип работы теплового реле схож с принципом работы теплового расцепителя в автоматическом выключателе, но особенностью реле является возможность настройки максимально близко к номинальному току двигателя. Тепловое реле бывает различных конфигураций, но наиболее удобны устройства, которые подключаются напрямую к контактору (рис. 7).



Рис. 6. Трехполюсный автоматический выключатель



Рис. 7. Реле электротепловое

Сигнальные лампы предназначены для индикации состояния электрических цепей (рис. 8). Для индикации рабочего состояния электродвигателя, как правило, используют сигнальную лампу зеленого цвета, для индикации отключенного состояния – красного.

Кнопки управления (SB) – предназначены для оперативного управления магнитными пускателями и реле автоматики в электрических цепях. Как правило, в качестве кнопки «Пуск» используется кнопка зеленого цвета с подключением к нормально открытому контакту, в качестве кнопки «Стоп» – кнопка красного цвета с подключением к нормально замкнутому контакту (рис. 9).

На рисунках 10 представлена схема управления АД с двух мест. В данной схеме кнопки «Пуск» SB1.1 и SB2.1 устанавливаются параллельно, а кнопки «Стоп» SB1.2 и SB2.2 последовательно.



Рис. 8. Лампа сигнальная



Рис. 9. Кнопки управления

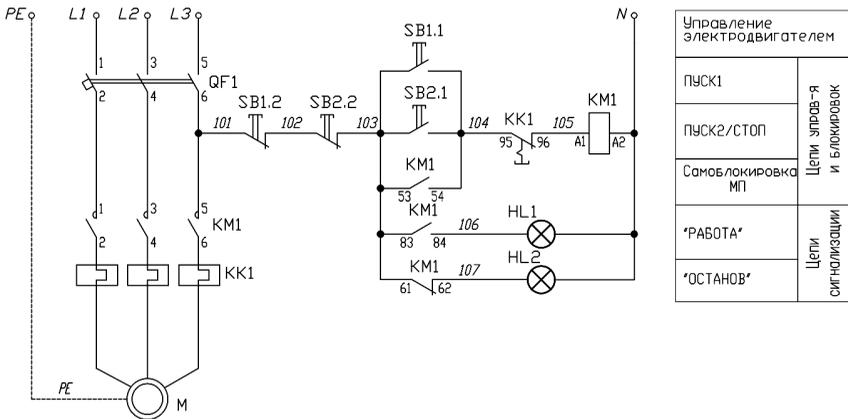


Рис. 10. Схема прямого пуска асинхронного электродвигателя с двух мест

На рисунке 11 представлена реверсивная схема управления АД. Эта схема применяется в тех случаях, когда необходимо менять направление вращения на двигателе. В данной схеме кнопка «Пуск» SB1 и МП KM1 используются при вращении АД в прямом направлении, а кнопка «Пуск» SB2 и МП KM2 используются при вращении АД в обратном направлении.

Кнопка SB3 используется для остановки АД.

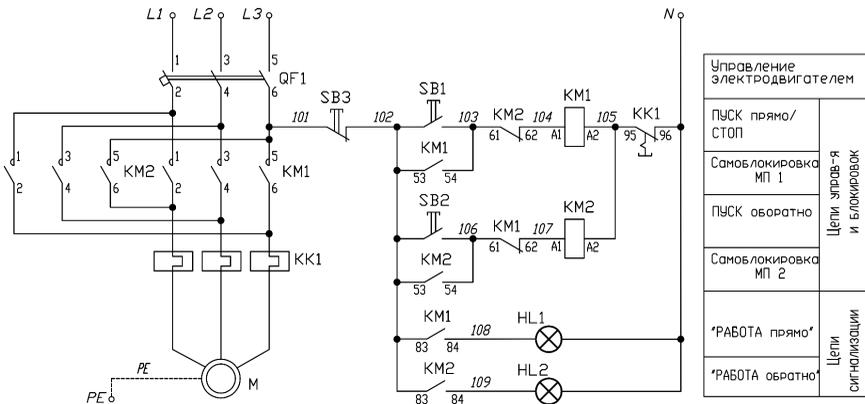


Рис. 11. Схема реверсивного управления асинхронным электродвигателем

Порядок выполнения работы

1. Изучить устройство магнитного пускателя.
2. Собрать электрическую схему прямого пуска асинхронного электродвигателя (рис. 5).

3. Проверить работу собранной схемы.
4. Собрать электрическую схему прямого пуска асинхронного электродвигателя с двух мест (рис. 10).
5. Проверить работу собранной схемы.
6. Собрать электрическую схему прямого пуска асинхронного электродвигателя с двух мест (рис. 11).
7. Проверить работу собранной схемы.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Принципиальная схема МП.
3. Схемы нереверсивного и реверсивного включения магнитного пускателя.
4. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Устройство и принцип работы МП.
2. Какие элементы содержит МП?
3. Как осуществляется защита потребителей от перегрузки и токов короткого замыкания?
4. Объясните принцип работы нереверсивной схемы управления МП.
5. Каким образом осуществляется выбор МП?
6. Каково назначение короткозамкнутых витков на сердечнике МП?
7. В чем различие между реверсивным и нереверсивным МП?

Лабораторная работа 2

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО РЕЛЕ

Цель работы:

1. Ознакомиться с конструкцией и назначением электромагнитного реле.
2. Реализовать схему управления электрическим исполнительным механизмом.

Общие сведения

В качестве двух-, трехпозиционных управляющих устройств в системах автоматизации, например, для технологического контроля отклонений контролируемых параметров от заданного уровня, аварийной сигнализации при превышении технологических параметров заданного уровня, коммутации электрических цепей, используются электромагнитные реле (ЭМР) (рис. 12) [3].

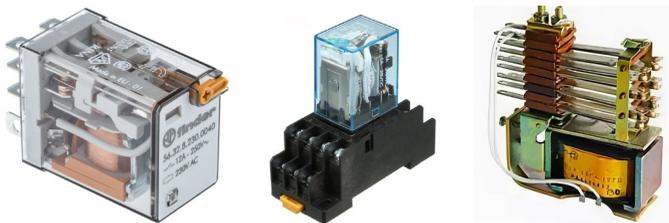


Рис. 12. Электромагнитные реле

Конструктивное исполнение ЭМР показано на рис. 13.

Принцип действия ЭМР основан на использовании электромагнитных сил, возникающих в металлическом сердечнике при прохождении тока по виткам его катушки [3].

Условное обозначение ЭМР на принципиальных электрических схемах показано на рис. 14.

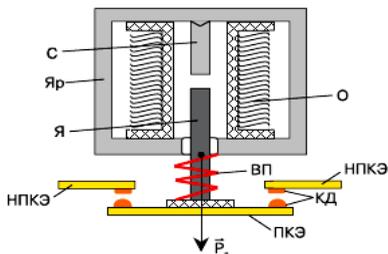


Рис. 13. Схема конструкции неполяризованного ЭМР:

О – обмотка; С – сердечник; Я – якорь; Яр – ярмо; ВП – возвратная пружина; ПКЭ – подвижный контактный элемент; НПКЭ – неподвижный контактный элемент

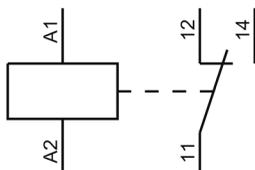


Рис. 14. Условное обозначение реле

В системах автоматизации для защиты от возможных аварий, например, одновременного включения исполнительного механизма (ИМ) в прямом и реверсном направлениях, предусматриваются схемы взаимной блокировки ЭМР [2]. В качестве примера на рис. 15 показана схема взаимной блокировки двух ЭМР.

На рисунке 16 показана схема управления реверсивным электродвигателем ИМ клапана.

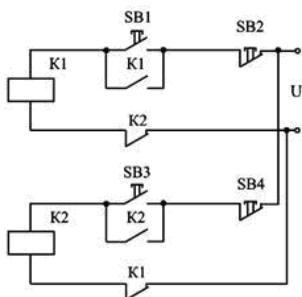


Рис. 15. Схема взаимной блокировки

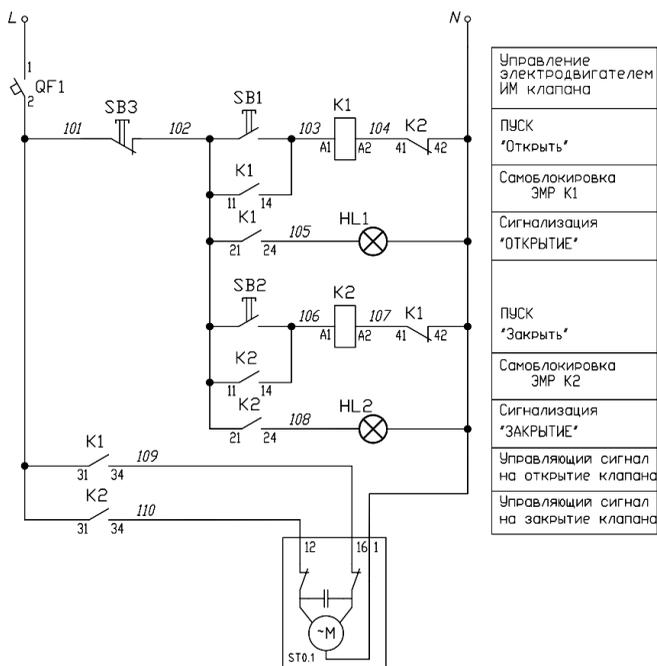


Рис. 16. Схема управления реверсивным электродвигателем ИМ

На схеме присутствуют следующие элементы:

QF1 – вводной однополюсный автоматический выключатель (ИЭК типа ВА47-29 С2) (рис. 17);

K1, K2 – электромагнитное реле с 4 группами контактов (ИЭК РЭК 78-4 3А 220В) и розетки (ИЭК РРМ78/4) (рис. 18);

SB1, SB2, SB3 – кнопки управления (ИЭК SB-7, 1з+1р);

HL1, HL2 – сигнальные лампы (AD-22, ИЭК).



Рис. 17. Однополюсный автоматический выключатель

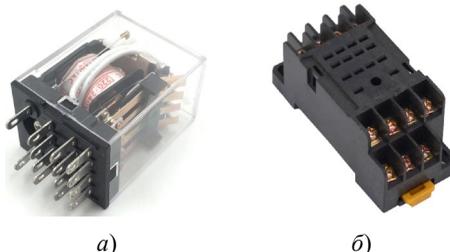


Рис. 18. ЭМР с 4 группами контактов (а) и розеткой (б)

Порядок выполнения работы

1. Изучить устройство ЭМР.
2. Собрать электрическую схему управления реверсивным электродвигателем ИМ, представленную на рис. 16.
3. Проверить работу собранной схемы.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Краткое описание конструкции реле.
3. Схема управления реверсивным электродвигателем ИМ.
4. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Что такое ЭМР, где оно применяется? Каковы его характеристики?
2. Классификация ЭМР.
3. Что такое ЭМР реле? Из каких элементов оно состоит?
4. Что такое поляризованное ЭМР? В чем его отличие от нейтрального?
5. Способы и схемы изменения времени срабатывания и отпускания ЭМР.
6. Схемы включения ЭМР.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ ДЛЯ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Цель работы:

1. Приобрести навыки работы с преобразователем частоты ALTIVAR 12.
2. Изучить способы управления, контроля параметров электропривода.

Общие сведения

В настоящее время частотно-регулируемый асинхронный электропривод получает все большее распространение. Электропривод, выполненный по системе преобразователь частоты (ПЧ) – асинхронный электродвигатель (АД), находит применение в самых разных отраслях промышленности [4].

ПЧ – это электронное или электромеханическое устройство, преобразующее переменный ток одной частоты в переменный ток другой частоты (рис. 19).

Основная сфера применения ПЧ – изменение частоты вращения и крутящего момента электрических машин асинхронного типа. Принцип действия управления и регулирования основан на зависимости скорости вращения магнитного поля от частоты питающего напряжения.

АД широко используются в качестве приводов промышленного оборудования, насосных агрегатов, регулирующей арматуры и других устройств. Основным недостатком этих электрических машин являются постоянная скорость вращения, большие пусковые токи. При помощи ПЧ возможно устранить эти недостатки и существенно расширить сферу применения электродвигателей переменного тока.



Рис. 19. Преобразователи частоты

Отличие синхронного двигателя от асинхронного состоит в том, что в синхронных двигателях частота вращения ротора совпадает с частотой магнитного поля статора, а в асинхронных ротор «отстает» от вращающегося поля (рис. 20).

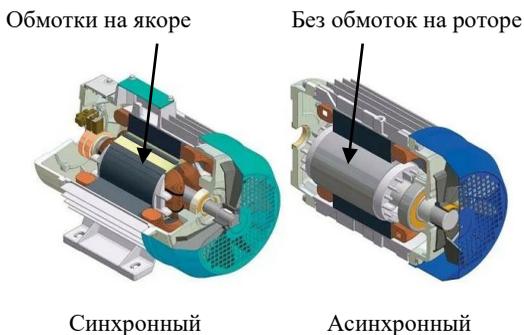


Рис. 20. Синхронный и асинхронный электродвигатели

На рисунке 21 показана типовая схема подключения ПЧ для заводской настройки.

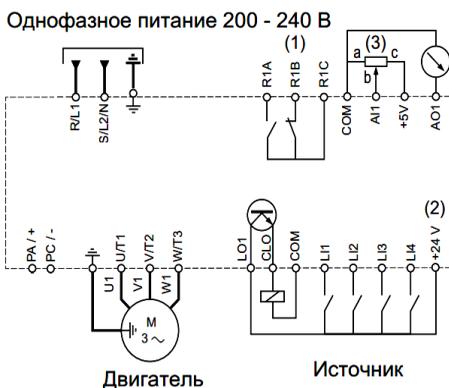


Рис. 21. Схема подключения ПЧ для заводской настройки

На рисунке 21 показаны следующие элементы ПЧ:

- (1) Контакты реле R1 для индикации состояния ПЧ.
- (2) Внутренний источник + 24 В. При подключении внешнего источника ($\leq +30$ В), 0 В источника подключается к клемме COM и клемма + 24 В ПЧ не используется.

- (3) Потенциометр SZ2RV1202 (2,2 кОм) или подобный (≤ 10 кОм).

При выполнении лабораторной работы используется стенд, представленный на рис. 22.

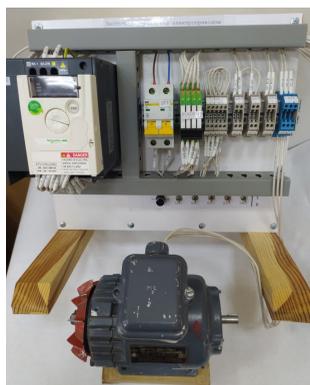


Рис. 22. Лабораторный стенд «Частотное управление электроприводом»

Принципиальная электрическая схема лабораторного стенда представлена на рис. 23.

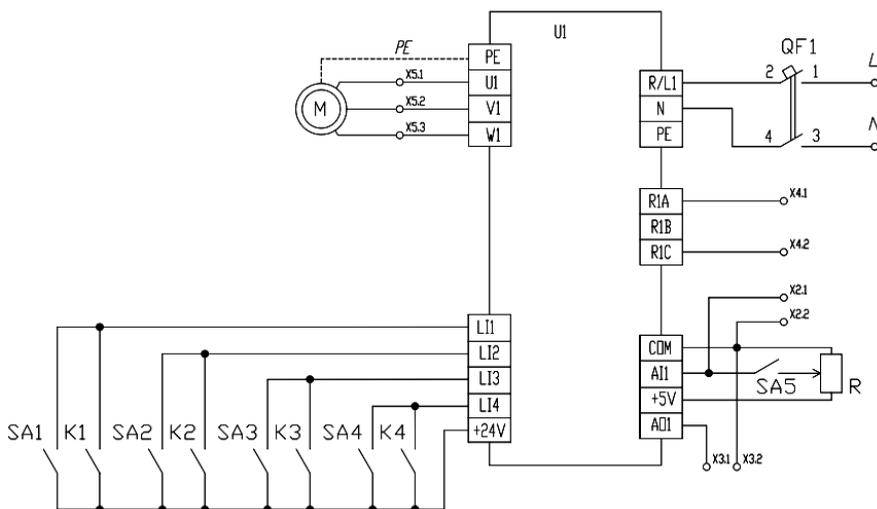


Рис. 23. Принципиальная электрическая схема лабораторного стенда

На стенде присутствуют следующие элементы:

- U1 – преобразователь частоты Altivar ATV12HU22M2 (2.2 kW 220-240 V~);
- QF1 – вводной двухполюсный автоматический выключатель (ИЭК типа ВА47-29 С6);
- K1...K4 – электромагнитное (промежуточное) реле (Phoenix Contact 2961105 24 VDC);

- R – потенциометр;
- SA1...SA5 – переключатели (тумблер П2Т-1);
- XT2...XT5 – клемма проходная (Weidmuller 2,5 мм²);
- M – асинхронный электродвигатель (АПН-012/2, 0,12 кВт).

Данный стенд позволяет подключать внешние устройства сигнализации и управления, связанные с дискретными и аналоговыми входами/выходами ПЧ.

Настройку ПЧ осуществляется с помощью элементов управления, расположенных на передней панели ПЧ (рис. 24).

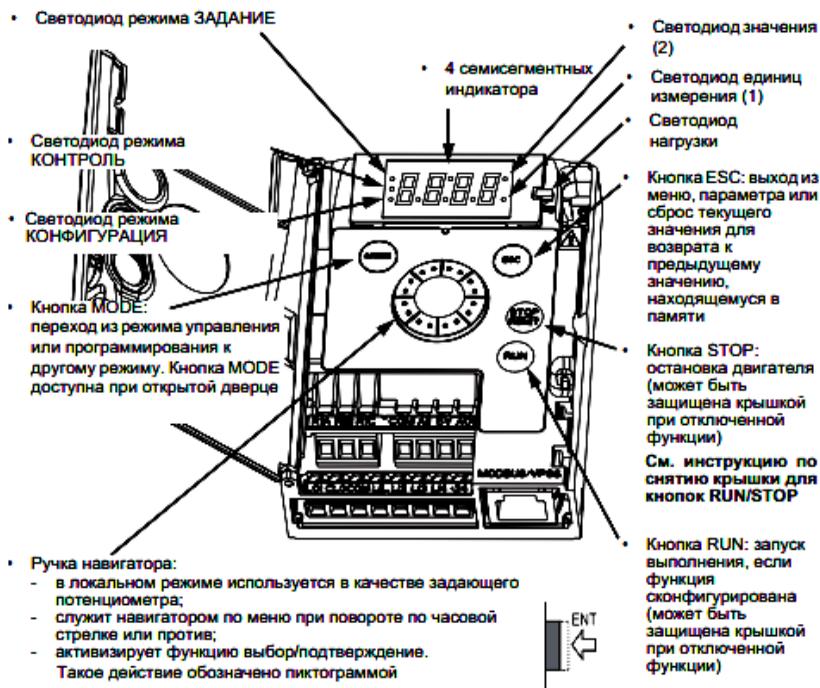


Рис. 24. Функции дисплея и клавиш передней панели ПЧ

Порядок выполнения работы

1. Изучить порядок установки заводских параметров ПЧ.
2. Изучить порядок ввода в ПЧ параметров установленного электродвигателя и выполнение автонастройки привода.
3. Изучить порядок перевода ПЧ в режим управления с панели оператора.
4. Изучить порядок перевода ПЧ в режим управления с внешних элементов, подключаемых к ПЧ.
5. Оформить результаты работы, сделать выводы.

Установка заводских настроек ПЧ. Перед проведением лабораторной работы необходимо ознакомиться с элементами управления стендом.

Изучить инструкцию по работе с преобразователем частоты ALTIVAR 12.
Сбросить настройки ПЧ на заводские.

Для этого нажимаем ручку навигатора и, прокручивая ее, выбираем меню ConF («Конфигурирование»). Нажатием ручки навигатора входим в данное меню. Далее выбираем параметр FCS «Заводская настройка/ восстановление комплекта параметров» и входим в него нажатием ручки навигатора. Устанавливаем значение параметра в InI. Нажимаем ручку навигатора и удерживаем 2 с до тех пор, пока светодиод режима КОНФИГУРАЦИЯ перестанет мигать. Выход из меню осуществляется нажатием кнопки ESC.

Установка требуемых настроек ПЧ. Установка требуемых параметров ПЧ заключается в записи номинальных параметров исследуемого электродвигателя. Для этого необходимо выбрать меню ConF «Конфигурирование» и в нем установить номинальные параметры подключенного электродвигателя:

- а) bFr – номинальная частота напряжения (50 Гц);
- б) ACC – время разгона (3 с);
- в) dEC – время торможения (3 с);
- г) LSP – нижняя частота электродвигателя (0 Гц);
- д) HSP – верхняя частота электродвигателя (50 Гц);
- е) nPr – номинальная мощность электродвигателя (0,18 кВт);
- ж) nCr – номинальный ток электродвигателя (2,5 А);

Управление ПЧ со встроенной панели. При заводской настройке кнопки RUN, STOP/RESET и ручка навигатора неактивны. Для локального управления ПЧ необходимо настроить следующий параметр меню ConF: «Канал задания 1» Fr1 = AIU1 (ручка навигатора, встроенная в ПЧ).

Нажать зеленую кнопку «RUN», после чего появится сообщение «run» в левом верхнем углу строки состояния. Далее необходимо нажать ручку навигатора, в строке индикатора отобразится reF «Задание». Нажать на ручку навигатора еще раз, тогда скорость вращения двигателя можно изменять с помощью ручки навигатора.

Поворотом ручки навигатора задается необходимая скорость вращения.

Для остановки электродвигателя нажать кнопку «STOP/RESET». При этом скорость вращения снизится до нуля в соответствии с установленной величиной времени замедления. При этом в левом верхнем углу строки состояния привода отобразится dEC (торможение), а затем «rdY» (готовность).

Управление приводом с внешних элементов. Для управления электроприводом с внешних элементов необходимо переключить управление с встроенной панели на управление от входов ПЧ. Для этого на ПЧ в меню ConF установить параметр Fr1 «Канал задания 1» в значение AI1 – аналоговый вход № 1 (задание поступает с клемм ПЧ). В качестве задатчика частоты можно использовать потенциометр стенда R или подключить к клеммам X2.1 и X2.2 аналоговый сигнал 0...20 мА (рис. 25). Для изменения частоты ПЧ от потенциометра R необходимо перевести переключатель SA5 в положение «1».

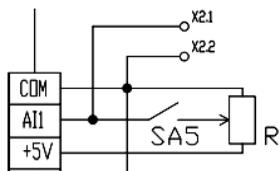


Рис. 25. Подключение внешнего датчика частоты ПЧ

Для управления ПЧ с внешних кнопок необходимо зайти в меню ПЧ ConF → FULL → I_O. В данном меню для параметра tCC «Тип управления» задать значение 3С (3-проводное управление). В качестве реверсного входного канала ПЧ выбирается один из каналов LI3, LI4. Выбор осуществляется в меню ConF → FULL → Fun изменением параметра rr5 на L3H или L4H. Импульс «вперед» или «назад» дает команду на пуск, а импульс «стоп» дает команду на остановку. Схема подключения кнопок внешнего управления представлена на рис. 26.

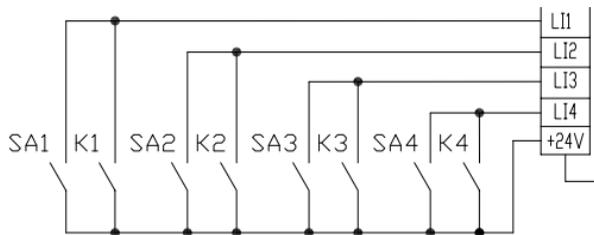


Рис. 26. Схема подключения внешних кнопок управления ПЧ:
LI1 – стоп; LI2 – вперед; LI3 – назад

Контрольные вопросы

1. Какие способы регулировки частоты вращения асинхронных электродвигателей вы знаете?
2. Достоинства и недостатки частотного регулирования скорости вращения.
3. С какой целью при частотном управлении регулируется напряжение, подводимое к статору двигателя?
4. Какие типы преобразователей частоты вам известны?
5. Назовите основные узлы силовой схемы преобразователя частоты.
6. Куда аккумулируется энергия при торможении асинхронного двигателя?
7. Перечислите органы управления на передней панели.
8. Поясните принципы программирования ПЧ.
9. Назовите основные способы управления преобразователем ATV.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ

Цель работы:

1. Изучить принцип действия электромагнитных, пневматических, электронных и микропроцессорных реле времени.
2. Изучить принцип действия реле времени РВО-15.
3. Освоить способы настройки реле времени на заданную выдержку времени.

Общие сведения

Реле времени – это электрический аппарат, предназначенный для создания независимой выдержки времени и обеспечения определенной последовательности работы элементов схемы [1].

По принципу действия различают реле времени следующих видов:

- 1) электромагнитное постоянного тока;
- 2) пневматическое;
- 3) моторное;
- 4) электронное;
- 5) микропроцессорное.

Электромагнитное реле времени постоянного тока состоит из неподвижной части магнитопровода 2 (рис. 27) и подвижной части магнитной системы – якоря 6.

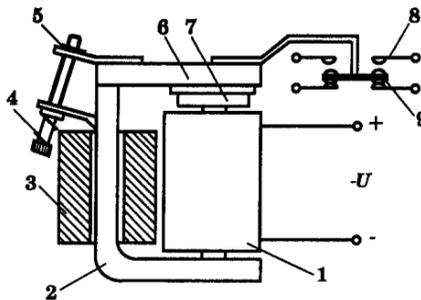


Рис. 27. Конструкция электромагнитного реле времени постоянного тока:

- 1 – катушка; 2 – магнитопровод; 3 – медная гильза; 4 – винт натяжения пружины;
 5 – гайка; 6 – якорь; 7 – прокладка немагнитная; 8 – контакт;
 9 – подвижный мостиковый контакт

На неподвижной части магнитопровода установлена катушка 1. Реле имеет неподвижные контакты 8 и подвижные 9, укрепленные на подвижной части. Реле включается как обычное электромагнитное реле. При подаче напряжения на катушку якорь притягивается к сердечнику. Выдержка време-

ни обеспечивается медной гильзой 3 за счет замедления возврата якоря в исходное положение при отключении напряжения с катушки. Спадающий магнитный поток по закону Ленца создает в гильзе ЭДС и ток, направленный таким образом, чтобы поток, создаваемый гильзой, препятствовал уменьшению магнитного потока в магнитопроводе. Замедленное уменьшение потока создает выдержку времени при отпуске якоря, т.е. якорь на некоторое время удерживается на сердечнике магнитопровода, а затем отрывается от него возвратной пружиной. Следовательно, происходит и переключение контактов реле с выдержкой времени.

Выдержка времени зависит от размеров гильзы, а также от толщины немагнитной прокладки 7, закрепленной на якоре (уменьшение толщины прокладки вызывает увеличение выдержки реле, и наоборот). Предусмотрена и плавная регулировка за счет изменения натяжения пружины с помощью гайки 5. Чем меньше затянута пружина, тем больше выдержка времени, и наоборот.

Пневматическое реле времени типа РВП 72 (рис. 28) состоит из электромагнита, пневматического демпфера (замедлителя) и микропереключателя.

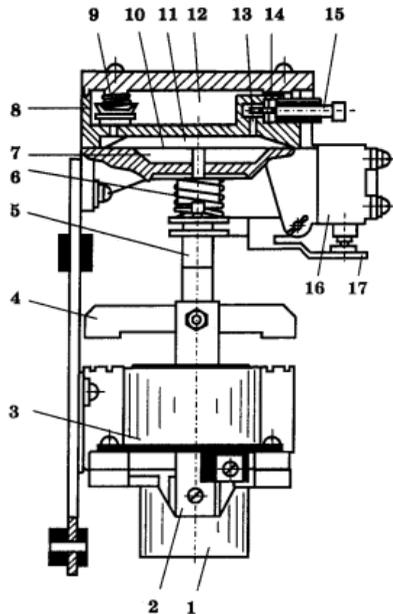


Рис. 28. Конструкция пневматического реле времени:

- 1, 2 – направляющие; 3 – катушка; 4 – якорь электромагнита; 5 – хвостовик;
- 6 – пружина; 7 – нижняя полость; 8 – корпус пневматической камеры;
- 9 – выпускной клапан; 10 – диафрагма; 11 – верхняя полость; 12 – воздушная камера;
- 13 – игла; 14 – дроссель; 15 – гайка; 16 – микропереключатель; 17 – рычаг

При подаче напряжения на катушку 3 якорь электромагнита 4, двигаясь по направляющим 2, втягивается внутрь катушки и освобождает хвостовик 5, связанный с диафрагмой 10. Нижняя полость 7 диафрагмы сообщается с атмосферой свободно, а верхняя полость 11 – через регулируемое отверстие (дроссель 14 и выпускной клапан 9). В связи с этим скорость перемещения хвостовика зависит от сечения дресселя, так как через него поступает воздух из воздушной камеры 12 в верхнюю полость диафрагмы.

Сечение дресселя регулируется с помощью иглы 13 и гайки 15, причем, чем больше сечение дресселя, тем меньше выдержка времени реле. Переключение контактов происходит в тот момент, когда хвостовик опускается в крайнее нижнее положение и рычагом 17 нажимает кнопку переключателя 16.

Пневматическое реле имеет низкую точность, большую массу и значительные габариты.

Моторное реле времени предназначено для отсчета времени от 10 с до нескольких часов. Оно состоит из синхронного двигателя, редуктора, электромагнита для сцепления и расцепления двигателя с редуктором, контактов.

Электронные реле времени получили широкое распространение благодаря большому диапазону выдержек времени (от 0,1 с до 100 ч), высокой точности и малым габаритам (рис.29).

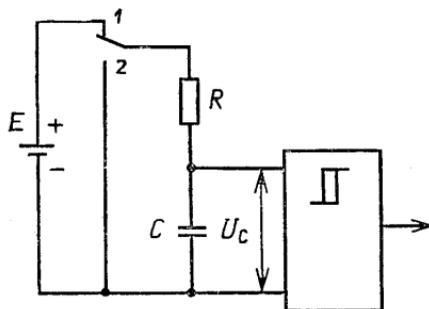
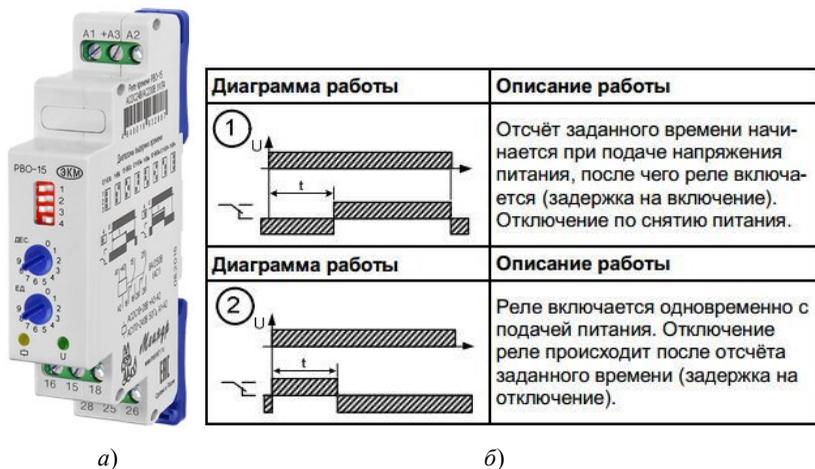


Рис. 29. Принципиальная схема простейшего электронного реле времени

При замыкании контакта 1 напряжение на конденсаторе C растет по экспоненте с постоянной времени $T = RC$. Напряжение конденсатора U_C подается на пороговый элемент. При равенстве U_C пороговому напряжению U_n пороговый элемент срабатывает, выдержка времени t_{cp} прекращается, сигнал с порогового реле через усилитель подается на катушку выходного реле. При замыкании контакта 2 начинается процесс разряда конденсатора на сопротивление R . Когда U_C достигает значения ниже порогового, пороговый элемент прекращает выдавать сигнал, выходное реле обесточивается. Выдержку времени регулируют за счет изменения сопротивления R или емкости конденсатора C .

В микропроцессорных (цифровых) реле времени выдержка времени осуществляется при помощи счетчика импульсов, на который подаются импульсы, вырабатываемые генератором (рис. 30).



а)

б)

Рис. 30. Реле времени РВО-15:

а – внешний вид; б – диаграмма работы

Реле РВО-15 имеет следующие характеристики:

- два режима функционирования (работа с паузы/импульса);
- широкий диапазон регулировки времени срабатывания встроенного электромагнитного реле (0,1 с – 99 ч);
- вариантность подачи управляющего сигнала (питания) исполнительного реле (АС 10-30 В или DC 10-30 В);
- коммутация тока величиной до 8А.

Режим работы устройства выбирается DIP переключателем № 4. Всего доступно два режима работы:

– Режим работы с паузы. После подачи питания на устройство, начинается отсчет заданной пользователем задержки времени активации. В интервале установленной выдержки времени замкнуты контакты 15–16 и 25–26. После отсчета времени выдержки, встроенное электромагнитное реле включается и замыкают контакты 15 – 18 и 25 – 28. При работе реле загорается желтый индикатор.

– Режим работы с импульса. После подачи питания на устройство, включается встроенное электромагнитное реле, загорается желтый индикатор, замыкают контакты 15 – 18 и 25 – 28, и начинается отсчет заданного пользователем времени работы реле. После отсчета заданного пользователем времени работы устройства, происходит отключение электромагнитного реле замыкаются контакты 15–16 и 25–26 и гаснет желтый индикатор.

Время работы/задержки включения электромагнитного реле определяется по формуле $A \times B$, где A – значение множителя, устанавливаемого двумя поворотными переключателями (десятки и единицы); B – базовое значение времени выдержки, устанавливаемое комбинацией 1,2 и 3 DIP переключателей (0,1 сек, 1 сек, 6 сек, 10 сек, 60 сек, 360 сек, 600 сек и 3600 сек.).

На рисунке 31 представлена схема подключения реле РВО-15. Напряжение питания ACDC24В подается на клеммы «+A3», «A2», «+» подключается на клемму «+A3». Напряжение питания AC230В подается на клеммы «A1», «A2».

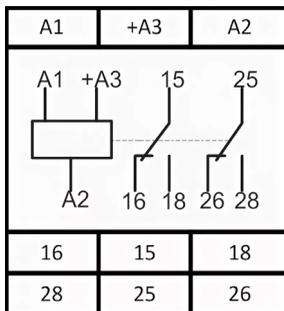


Рис. 31. Схема подключения РВО-15

Порядок выполнения лабораторной работы

1. На основании общих сведений изучить принцип действия электромагнитных, пневматических, электронных и микропроцессорных реле времени.

2. Освоить методику настройки реле времени РВО-15 на заданную выдержку времени.

3. Собрать схему прямого пуска асинхронного электродвигателя (рис. 5). Используя реле времени РВО-15 дополнить данную схему для реализации функции запуска электродвигателя на заданное время работы.

Представить схему для проверки преподавателю.

4. Включить электропитание стенда (автоматический выключатель). Проверить правильность работы схемы.

5. Отключите электропитание стенда (автоматический выключатель).

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Краткие теоретические сведения.
3. Принципиальная схема простейшего электронного реле времени.
4. Микропроцессорное реле времени РВО-15.
5. Схема испытания реле времени.

Контрольные вопросы

1. Какие виды реле времени вы знаете?
2. Конструкция и принцип действия электромагнитного реле времени постоянного тока.
3. Конструкция и принцип действия пневматического реле времени.
4. Схема простейшего электронного реле времени.
5. Каким образом можно регулировать выдержку времени срабатывания реле времени?

Лабораторная работа 5

ИЗУЧЕНИЕ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА С НЕЗАВИСИМЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ. СПОСОБЫ ПУСКА И РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ

Цель работы:

1. Познакомится с устройством, схемами включения, принципом действия электродвигателя постоянного тока.
2. Приобрести навыки по управлению работой двигателя постоянного тока с независимым возбуждением.

Общие сведения

Двигатель постоянного тока (ДПТ) представляет собой преобразователь электрической энергии постоянного тока в механическую энергию [5].

Конструкция двигателя показана на рис. 32. Она имеет три основные части: статор (индуктор), якорь и коллектор.

Индуктор является неподвижной частью электрической машины и представляет собой полый литой стальной цилиндр из электротехнической стали, к которому с внутренней стороны болтами крепятся сердечники (полюса). На сердечниках располагается обмотка возбуждения (ОВ), подключаемая к щеткам. Индуктор предназначен для создания основного магнитного поля.

Якорь машины – вращающаяся ее часть – выполнен из стальных штампованных листов электротехнической стали. В пазах якоря укладывают изолированную от корпуса якорную обмотку. Обмотка якоря изготавливается из медных проводов круглого или прямоугольного сечения.

На одном валу с якорем закреплен коллектор, который представляет собой полый цилиндр, составленный из отдельных медных пластин, изолированных друг от друга и от вала якоря и электрически связанных с отдельными частями обмотки якоря. Коллектор в машине постоянного тока предназначен для механического выпрямления переменных синусоидальных ЭДС в постоянное по величине и направлению напряжение, снимаемое во внешнюю цепь с помощью щеток, примыкающих к коллектору.

двигатель постоянного тока

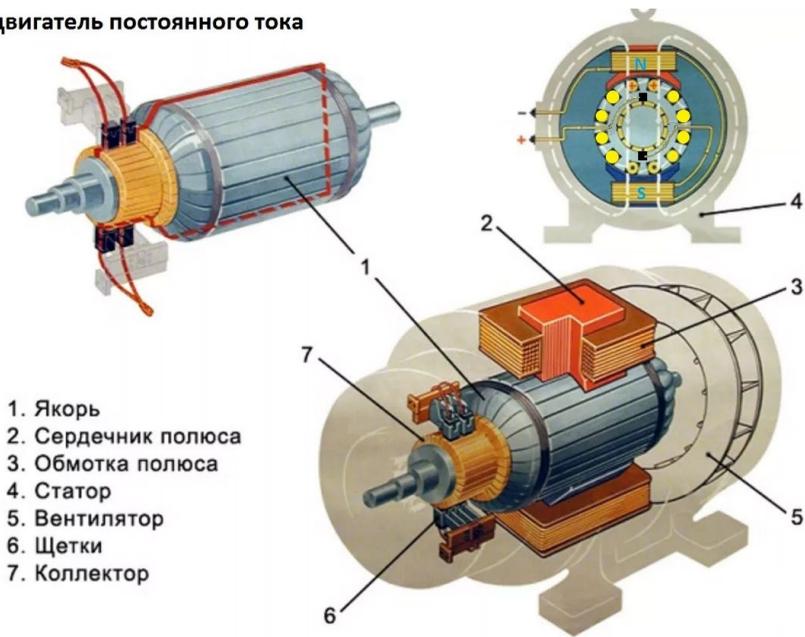


Рис. 32. Конструкция ДПТ

Свойства двигателей постоянного тока, в основном, определяются способом питания обмотки возбуждения. Таким образом, двигатели постоянного тока разделяют на четыре основные группы: с независимым возбуждением, с параллельным возбуждением, с последовательным возбуждением и со смешанным возбуждением. Последние три группы иногда объединяют в одну – двигатели с самовозбуждением.

В двигателях с независимым возбуждением обмотка возбуждения запитывается от отдельного источника постоянного тока.

В двигателях с самовозбуждением якорная цепь электрически связана с цепью возбуждения. ДПТ, как и все электрические машины, обратимы, т.е. они без существенных конструктивных изменений могут работать как в двигательном режиме, так и в режиме генератора.

В данной работе рассматривается двигатель постоянного тока с независимым возбуждением.

Пуск двигателя постоянного тока.

При пуске двигателя постоянного тока в ход необходимо обеспечить надлежащее значение пускового момента и условия для достижения необходимой частоты вращения и предотвратить возникновение чрезмерно большого пускового тока $I_{п}$, опасного для двигателя.

$$I_{\text{п}} = \frac{U}{R_{\text{я}}},$$

где U – напряжение сети; $R_{\text{я}}$ – сопротивление обмотки якоря.

Возможны три способа пуска ДПТ:

- 1) прямой пуск – цепь якоря подключается непосредственно к питающей сети на полное напряжение;
- 2) пуск с помощью пускового реостата (пусковых сопротивлений) – в цепь якоря последовательно включаются пусковые сопротивления или реостат и после запуска двигателя выводятся из цепи, обычно, средствами автоматики.
- 3) пуск при пониженном напряжении цепи якоря.

Реверс двигателя постоянного тока.

Изменение направления вращения двигателя может быть достигнуто изменением направления тока или в обмотке возбуждения, или в обмотке якоря, так как при этом меняется знак вращающего момента. Одновременное изменение направления тока в обеих обмотках соответственно не изменит направления вращения двигателя. Переключение концов обмоток должно производиться только после полной остановки двигателя и снятия напряжения с машины для ручного режима. Однако на производстве с такими задачами справляется промышленная автоматика.

Регулирование скорости вращения ДПТ с независимым возбуждением.

В двигателях постоянного тока напряжение U , подводимое к якорю машины, уравнивается противо-ЭДС $E_{\text{я}}$ и падением напряжения на якоре $I_{\text{я}}R_{\text{я}}$:

$$U = E_{\text{я}} + I_{\text{я}}R_{\text{я}}.$$

Поскольку $E_{\text{я}} = c_{\text{Е}}\phi n$, то выражение примет следующий вид:

$$U = c_{\text{Е}}\phi n + I_{\text{я}}R_{\text{я}}.$$

Отсюда:

$$n = \frac{U - I_{\text{я}}R_{\text{я}}}{c_{\text{Е}}\phi}.$$

Из полученного выражения можно сделать следующий вывод, что регулирование скорости ДПТ с независимым возбуждением можно осуществить тремя способами:

- 1) изменение потока ϕ , т.е. изменение тока возбуждения машины – наиболее удобный и распространенный способ регулирования скорости вверх от номинального значения и сопровождающийся уменьшением мощности возбуждения;
- 2) включение последовательно добавочного сопротивления в цепь якоря – этот способ позволяет регулировать скорость вниз от номинального

значения, и связан со значительными потерями в добавочном сопротивлении и понижением КПД;

3) изменение напряжения питания цепи якоря. Так как работа двигателя при напряжении выше номинального значения строго запрещена, то этот способ позволяет регулировать скорость также вниз от номинального значения.

Основные характеристики ДПТ.

При работе электродвигателя при изменении нагрузки на его валу изменяются скорость вращения якоря, вращающий момент, ток якоря, коэффициент полезного действия и другие величины. О рабочих свойствах двигателя судят по его механической характеристике и рабочим характеристикам.

Механической характеристикой двигателя называют зависимость частоты вращения от момента на валу двигателя $n = f(M)$ при $U = \text{const}$. Механическая характеристика при $R_p = 0$, $U = U_{\text{ном}}$ и $\phi = \phi_{\text{ном}}$ называется естественной, в противном случае – искусственной. Механическая характеристика двигателя с параллельным возбуждением – жесткая. Это значит, что при изменении момента сопротивления на валу двигателя от нуля до номинального скорость вращения якоря уменьшается незначительно, пропорционально падению напряжения в цепи якоря.

Рабочие характеристики представляют зависимости скорости вращения n , вращающего момента на валу M , потребляемой мощности P_1 , потребляемого двигателем тока I , коэффициента полезного действия η от полезной мощности $(n, M, P_1, \eta) = f(P_2)$ при постоянном напряжении $U = \text{const}$ и постоянном токе возбуждения $I_b = I_{\text{вн}} = \text{const}$.

Если пренебречь реакцией якоря, то магнитный поток двигателя с параллельным возбуждением при неизменном напряжении питания – постоянная величина $\phi = \text{const}$. Поэтому изменение скорости вращения двигателя обязано в первую очередь падению напряжения в якоре $I_a \cdot R_a$. Поскольку при изменении нагрузки в пределах от холостого хода до номинальной нагрузки падение напряжения $I_a \cdot R_a$ увеличивается незначительно по сравнению с приложенным напряжением, то и скорость вращения n двигателя с параллельным возбуждением уменьшается тоже незначительно. Номинальное изменение скорости вращения двигателя параллельного возбуждения определяется формулой

$$\Delta n_n = \frac{n_0 - n_n}{n_n},$$

где n_0 – скорость вращения при холостом ходе, n_n – номинальная скорость вращения.

Коэффициент полезного действия двигателя быстро растет при увеличении нагрузки до $P_2 = 0,5P_H$ и достигает наибольшего значения при нагрузке, когда сумма потерь холостого хода в стали и в цепи возбуждения (постоянные потери) равна потерям в цепи якоря (переменные потери). Такое равенство может наступить, например, при $P_2 = 0,75P_H$.

Порядок выполнения работы.

1. Ознакомиться с лабораторным оборудованием (рис. 33).

2. Провести несколько пробных пусков двигателя: прямой пуск, пуск с помощью пускового сопротивления, пуск при пониженном напряжении цепи якоря. Для этого собрать электрическую цепь согласно рис. 34.

С помощью соединительных проводов подключить обмотку возбуждения к источнику тока, соединив гнезда «+» источника тока и X9, «-» источника тока и X10. Якорную цепь двигателя подключить к источнику напряжения, соединив гнезда «+» источника напряжения и X15, «-» источника напряжения и X16. К якорю двигателя подключить вольтметр PV1 для измерения напряжения. Для этого объединить гнезда X13 и X23, X14 и X24. Вольтметр перевести в режим измерения постоянного напряжения (тумблер SA11 в положении «=»). Тумблер SA8 переключить в положение «1».

Представить схему для проверки преподавателю.

Включить электропитание стенда (автоматический выключатель на тыльной стороне моноблока).

3. Провести пробный прямой пуск ДПТ. Для этого на обмотку возбуждения и обмотку якоря подать номинальные значения тока и напряжения соответственно (ручки потенциометров RP5 и RP6 в крайнем правом положении).

Подать напряжение на источники электропитания (переключатель SA3). Убедитесь, что по обмотке возбуждения протекает номинальный ток 0,9 А (амперметр PA2), а на обмотку якоря подано номинальное напряжение 160 В (вольтметр PV1). Обратите внимание на поведение двигателя при таком способе пуска.

Снять напряжение с источников электропитания (переключатель SA3).

4. Провести пробный пуск двигателя с помощью пускового сопротивления. На обмотку возбуждения и обмотку якоря подать номинальные значения тока и напряжения соответственно (ручки потенциометров RP5 и RP6 в крайнем правом положении). Тумблер SA8 перевести в положение «0», таким образом, в цепи якоря окажется включено добавочное сопротивление R_n .

Подать напряжение на источники электропитания (переключатель SA3).

Обратите внимание на поведение двигателя при таком способе пуска и на показания вольтметра PV1.

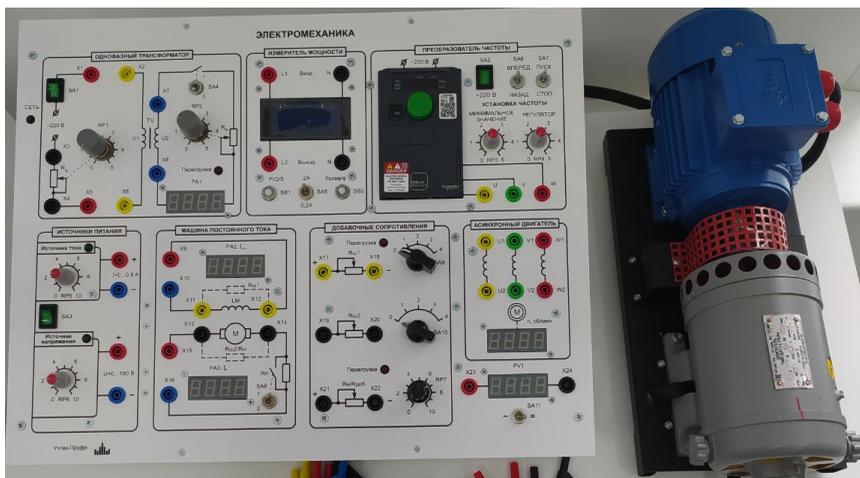


Рис. 33. Лабораторный стенд «Электромеханика»

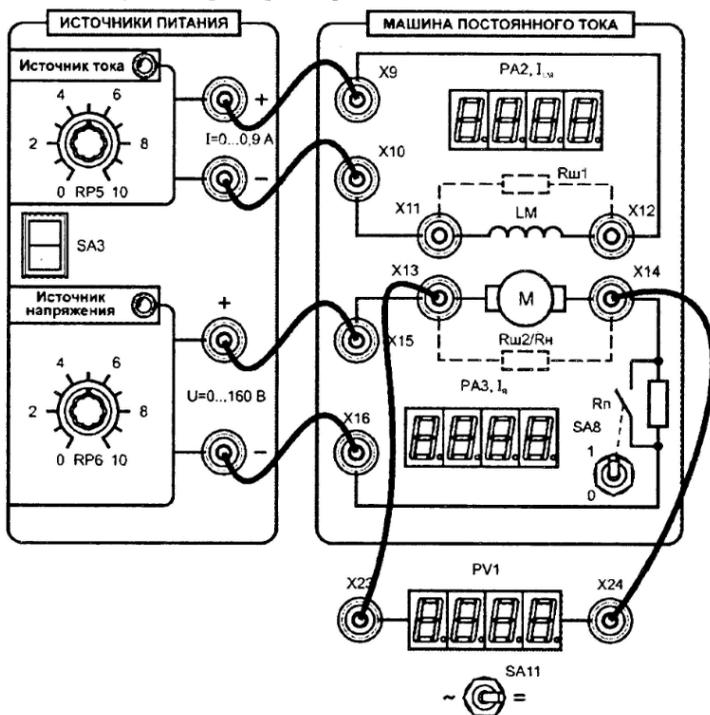


Рис. 34. Схема для изучения способов пуска ДПТ

Затем, переключив тумблер SA8 в положение «1», исключите пусковое сопротивление из цепи якоря.

Снять напряжение с источников электропитания (переключатель SA3).

5. Провести пробный пуск двигателя при пониженном напряжении электропитания цепи якоря.

Для этого исключите добавочное сопротивление из цепи якоря (тумблер SA8 в положении «0»). На источнике тока установите максимальный ток (потенциометр RP5 в крайнем правом положении). Ручку потенциометра RP6 источника напряжения установите в позицию «4».

Подать напряжение на источники электропитания (переключатель SA3).

Плавно поворачивая ручку потенциометра источника напряжения, установите максимальное значение напряжения в цепи якоря. Обратите внимание на поведение двигателя при таком способе пуска.

Снять напряжение с источников электропитания (переключатель SA3).

6. Осуществите реверс двигателя постоянного тока с независимым возбуждением. Для этого выполните следующие действия:

– запустите двигатель согласно схеме на рис. 31. Для пуска используйте пусковое сопротивление. Обратите внимание на направление вращения вала электромашинного агрегата;

– остановите двигатель. При снятом напряжении с источников электропитания измените направление протекания тока в цепи возбуждения. Вновь запустите двигатель и обратите внимание на направление вращения вала;

– остановите двигатель. При снятом напряжении с источников электропитания измените полярность подаваемого к цепи якоря напряжения. Вновь запустите двигатель и обратите внимание на направление вращения машины.

В отчете объясните, почему двигатель изменяет направление вращения.

7. Исследуйте регулировочную характеристику ДВТ с независимым возбуждением $n = f(I_B)$.

Для этого используйте схему на рис. 34.

После проверки схемы преподавателем произведите пуск двигателя постоянного тока. Плавно изменяя ток возбуждения с помощью регулятора на источнике тока (потенциометр RP5), занесите в таблицу скорость вращения двигателя в табл. 2 (скорость вращения отображается на индикаторе в блоке «Асинхронный двигатель»). Во избежание ухода двигателя «вразнос» не повышайте скорость вращения двигателя выше 4500 об/мин, (не понижайте ток возбуждения I_B ниже 0,3 А).

Таблица 2

I_B, A	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
$n, об/мин$						

Остановите двигатель, сняв электропитание с источников (переключатель SA3).

8. Исследуйте регулировочную характеристику двигателя постоянного тока с независимым возбуждением $n = f(U_{\text{я}})$.

Для этого используйте схему на рис. 34.

После проверки схемы преподавателем произведите пуск двигателя постоянного тока. Плавно уменьшая значение напряжения в цепи якоря (потенциометр RP6), занесите в таблицу скорость вращения двигателя в табл. 3.

Таблица 3

$U_{\text{я}}, \text{A}$								
$n, \text{об/мин}$								

Остановите двигатель, сняв электропитание с источников (переключатель SA3).

Отключите электропитание стенда (автоматический выключатель на тыльной стороне моноблока).

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Принципиальные схемы электрических цепей для каждого эксперимента.
3. Результаты экспериментальных исследований и проведенных по ним расчетов, помещенные в соответствующие таблицы.
4. Построенные по полученным данным характеристики.
5. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Объясните принцип действия двигателя постоянного тока с независимым возбуждением.
2. Какие существуют способы возбуждения двигателей постоянного тока?
3. Какие существуют способы пуска двигателей постоянного тока? Расскажите об их плюсах и минусах и приведите примеры применения каждого из способов на практике.
4. Как можно произвести реверс двигателя постоянного тока?
5. Почему при уменьшении тока возбуждения двигателя частота вращения якоря возрастает?
6. О чем можно судить по виду регулировочных характеристик двигателя постоянного тока?

Список рекомендуемой литературы

1. Курганов, В. В. Элементы и устройства систем управления : учебное пособие / В. В. Курганов.– Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 202 с.
2. Бабер, А. И. Системы автоматического управления электроприводами : учебное пособие / А. И. Бабер. – Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2020. – 148 с. // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL : <https://www.iprbookshop.ru/125465.html>
3. Электромеханические устройства автоматики [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. А. Погонин, А. А. Третьяков, В. Н. Назаров, И. А. Елизаров. – Тамбов : ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2021. – Режим доступа к книге : «Электронно-библиотечная система ТГТУ. Электронные учебники».
4. Качин, С. И. Автоматизированный электропривод : учебно-методическое пособие / С. И. Качин, А. Ю. Чернышев, О. С. Качин. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 162 с.
5. Мещеряков, В. Н. Электрический привод. Электрический привод постоянного тока : учебное пособие. Ч. 2 / В. Н. Мещеряков. – Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2016. – 61 с. // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL : <https://www.iprbookshop.ru/73095.html>

Учебное электронное издание

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИКИ

Методические указания

Составители:

ТРЕТЬЯКОВ Александр Александрович
НАЗАРОВ Виктор Николаевич

Редактирование Е. С. Мордасовой
Графический и мультимедийный дизайнер Т. Ю. Зотова
Обложка, упаковка, тиражирование Е. С. Мордасовой

Подписано к использованию 19.06.2024.

Тираж 50 шт. Заказ № 78

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14
Телефон (4752) 63-81-08
E-mail: izdatelstvo@tstu.ru