

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ и ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика М.Д. МИЛЛИОНЩИКОВА

Институт энергетики
Кафедра «Электротехника и электропривод»

АО «Чеченэнерго»
(место прохождения практики)

ОТЧЕТ

по производственной практике на тему:

*Системы управления асинхронным двигателем на основе
микропроцессорного преобразователя частоты.*

студента(ки) Мициев М.С.
18

группы АНП-

начало практики 11.05.2022г.

окончание практики 24.05.2022г.

Руководитель
от профильной
организации начальник ПТС
(должность)

(подпись, дата, оценка)

Мазаев А.Х-М
(ФИО)

Руководитель
от ГГНТУ ст.преподаватель кафедры ЭЭП
(должность)

(подпись, дата, оценка)

Мальцагов Р.И.
(ФИО)

Грозный – 2022г.

Индивидуальное задание

на _____ преддипломную практику _____ практику
(наименование практики)

Студент _____ Мициев Майрбек Саламбекович _____
(ФИО)

Сроки прохождения практики _____ 11.05.2022г.-24.05.2022г. _____

Место прохождения практики _____ АО «Чеченэнерго» _____

Задание:

1. Системы управления асинхронным двигателем на основе микропроцессорного преобразователя частоты

Руководитель от ГГНТУ _____ Мальцагов Р.И. _____
(ФИО подпись)

Руководитель от
профильной организации _____ Мазаев А.Х-М. _____
(ФИО подпись)

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	10
1.1. Анализ существующих средств автоматизации.....	4
1.2. Обоснование системы автоматического управления.....	5
1.3. Обзор существующих схем управления.....	17
1.4. Структурная схема станции автоматического управления питательными насосами.....	15
1.5. Основные технические требования к станции автоматического управления.....	17
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	1
9	
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	20

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы определяется использованием промышленными предприятиями энергоемких электрических аппаратов, в том числе электродвигателей, для которых затраты на электроэнергию являются основополагающими. Электродвигатели переменного тока, в частности асинхронные двигатели (АД), находят очень широкое применение ввиду их простоты и надежности. Высокие эксплуатационные показатели АД предъявляют аналогичные требования к системам автоматического управления ими. Однако в настоящее время эти системы не отвечают указанным требованиям, сложны и громоздки и снижают достоинства АД. Оптимизация процесса управления позволяет экономить до 17% потребляемой электроэнергии за счет снижения потерь в АД. Самый прогрессивный способ управления - частотный - требует применения специальных тиристорных преобразователей частоты, стоимость которых в 510 раз больше, а надежность - на порядок ниже, чем самого АД, из-за большого числа коммутирующих силовых элементов. Таким образом, разработка метода проектирования системы частотного управления АД с функциями регулирования, реализованными на информационном уровне, универсальной силовой частью и согласованными с ними аппаратными, программными и метрологическими средствами, является актуальной задачей.

Идея работы заключается в разработке метода проектирования системы частотного управления асинхронным двигателем с широтно-импульсным регулированием, путем формирования многоступенчатого напряжения на статоре, учитывающего технологические особенности работы асинхронного двигателя.

1.1. Анализ существующих средств автоматизации

Известные в настоящее время технические устройства для частотного управления асинхронным электроприводом в полной мере не отвечают требованиям, предъявляемым к мощному высоковольтному электроприводу и им присущи следующие недостатки:

ограниченная низкоскоростными электроприводами область применения, необходимость изготовления специальной машины или переделка серийной, применение специальных устройств для механического сочленения валов, невозможность применения в запыленных и агрессивных средах, что обусловлено наличием датчиков на валу и внутри машины;

высокая сложность технической реализации, обусловленная наличием сложных технических устройств: координатного преобразования, векторных фильтров, фазовращателей, функциональных преобразователей, блоков коррекции мгновенного значения частоты;

наличие большого числа датчиков, осуществляющих высоковольтную гальваническую развязку;

невысокая надежность, что обусловлено наличием датчиков на валу и внутри машины, высокой сложностью технической реализации блоков АСР, датчиков, осуществляющих высоковольтную гальваническую развязку.

1.2. Обоснование системы автоматического управления

При частотном управлении асинхронными двигателями наиболее часто используются следующие законы: поддержание постоянства потокосцепления статора ($Y_1 = \text{const}$), поддержание постоянства главного потока машины ($Y_0 = \text{const}$), поддержание постоянства потокосцепления ротора ($Y_2 = \text{const}$), и

регулирование величины потокосцепления в зависимости от величины нагрузочного момента $(Y_1, Y_0, Y_2)=f(M)$

Первый закон реализуется при поддержании постоянного отношения ЭДС статора к угловой частоте поля. Основным недостатком такого закона является пониженная перегрузочная способность двигателя при работе на высоких частотах, что обусловлено увеличением индуктивного сопротивления статора и, следовательно, снижением потокосцепления в воздушном зазоре между статором и ротором при увеличении нагрузки.

Поддержание постоянства главного потока повышает перегрузочную способность двигателя, но усложняет аппаратную реализацию системы управления и требует либо изменений конструкции машины, либо наличия специальных датчиков.

При поддержании постоянного потокосцепления ротора, момент двигателя не имеет максимума, однако при увеличении нагрузки увеличивается главный магнитный поток, приводящий к насыщению магнитных цепей и, следовательно, к невозможности поддержания постоянства потокосцепления ротора.

Общим недостатком законов с поддержанием постоянства потокосцепления являются: низкая надежность, обусловленная наличием датчиков, встраиваемых в двигатель, и потери в стали при работе двигателя с нагрузочным моментом меньше номинального. Эти потери вызваны необходимостью поддержания постоянного номинального потокосцепления в различных режимах работы.

Существенно повысить КПД двигателя можно путем регулирования магнитного потока статора (ротора) в зависимости от величины нагрузочного момента (скольжения). Недостатками такого управления являются низкие динамические характеристики привода, обусловленные большой величиной постоянной времени ротора, из-за чего магнитный поток машины

восстанавливается с некоторой задержкой и сложность технической реализации системы управления.

На практике группа законов с постоянством магнитного потока получила распространение для динамичных электроприводов, работающих с постоянным моментом сопротивления на валу и с частыми ударными приложениями нагрузки. В то время как группа законов с регулированием магнитного потока в функции нагрузки на валу применяется для низкодинамичных электроприводов и для приводов с “вентиляторной” нагрузкой.

В то же время существует ряд приводов таких механизмов как насосы, компрессоры, конвейеры и т. д., которые занимают промежуточное положение между динамичными и низкодинамичными, и для которых существующие системы не в полной мере удовлетворяют предъявляемым к этим приводам требованиям. Высокодинамичные привода имеют сложную систему управления и повышенные энергетические потери при недогрузе двигателей, а низкодинамичные привода не всегда способны отработать быстрые изменения статического момента.

На основании вышесказанного можно сделать вывод, что существующие системы не в полной мере отвечают требованиям, предъявляемым к электроприводам с асинхронными двигателями.

Учитывая, что в настоящее время большинство приводов таких механизмов как вентиляторы, насосы, компрессоры и т. д. имеют нерегулируемый привод, актуальной является задача выбора системы управления. Причем система управления должна обеспечивать достаточно высокое быстродействие, надежность и высокие энергетические характеристики привода.

Как уже было отмечено, высокими энергетическими характеристиками обладают системы с регулированием магнитного потока в функции нагрузки.

Увеличить их динамические характеристики можно путем форсировки статорного напряжения (тока) во время переходных процессов и частых формирований управляющих воздействий. Получить высокую надежность можно за счет применения упрощенной системы регулирования, отказа от встроенных в двигатель и механически связанных с ротором датчиков.

1.3. Типовые схемы управления АД с короткозамкнутым ротором

Двигатели этого типа малой и средней мощности обычно пускаются прямым подключением к сети без ограничения пусковых токов. В этих случаях они управляются с помощью магнитных пускателей, которые одновременно обеспечивают и некоторые виды их защиты.

Схема управления асинхронным двигателем с использованием магнитного пускателя (рис. 1.1) включает в себя магнитный пускатель, состоящий из контактора КМ и трех встроенных в него тепловых реле защиты КК. Схема обеспечивает прямой (без ограничения тока и момента) пуск двигателя, отключение его от сети, а также защиту от коротких замыканий (предохранители ФА) и перегрузки (тепловые реле КК).

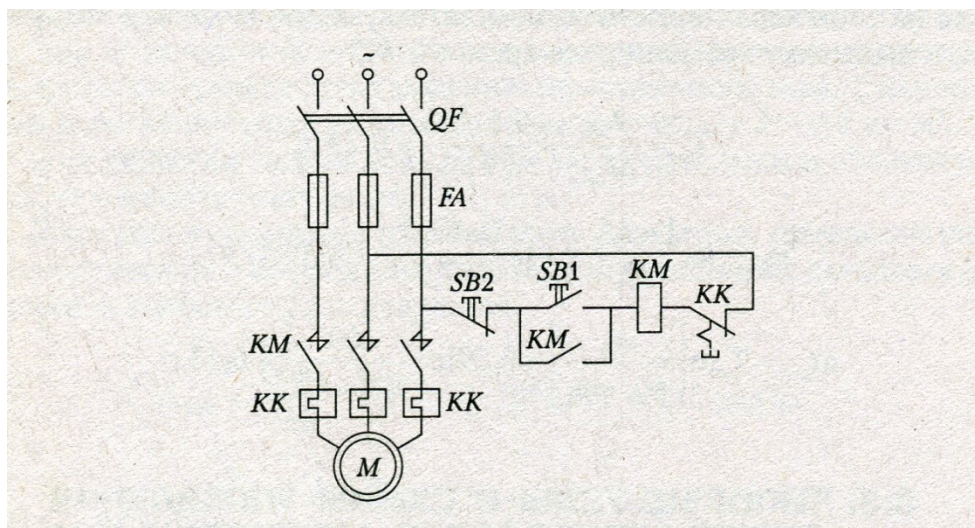


Рис. 1.1. Схема управления АД с использованием нереверсивного магнитного пускателя

Для пуска двигателя замыкают выключатель QF и нажимают кнопку пуска SB1. Получает питание катушка контактора KM, который, включившись, своими главными силовыми контактами в цепи статора двигателя подключает его к источнику питания, а вспомогательным контактом шунтирует кнопку SB1. Происходит разбег двигателя по его естественной характеристике. Для отключения двигателя нажимается кнопка остановки SB2, контактор KM теряет питание и отключает двигатель от сети. Начинается процесс торможения двигателя выбегом под действием момента нагрузки на его валу.

Реверсивная схема управления АД.

Основным элементом этой схемы является реверсивный магнитный пускатель, который включает в себя два линейных контактора KM1 и KM2 и два тепловых реле защиты КК (рис. 1.2). Схема обеспечивает прямой пуск и реверс двигателя, а также торможение противовключением при ручном (неавтоматическом) управлении.

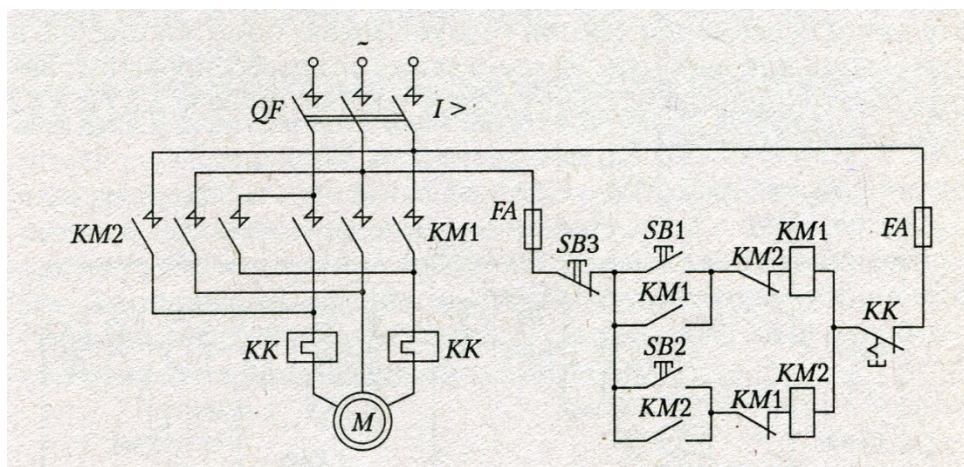


Рис. 1.2. Схема управления АД с использованием реверсивного магнитного пускателя

В схеме предусмотрена защита от перегрузок двигателя (реле КК) и коротких замыканий в цепи статора (автоматический выключатель QF) и управления (предохранители ФА). Кроме того, схема управления

обеспечивает и нулевую защиту от исчезновения (снижения) напряжения сети (контакторы КМ1 и КМ2).

Пуск двигателя при включенном QF в условных направлениях «Вперед» или «Назад» осуществляется нажатием соответственно кнопок SB1 или SB2. Это приводит к срабатыванию контактора КМ1 или КМ2, подключению двигателя к сети и его разбегу.

Для реверса или торможения двигателя вначале нажимается кнопка SB3, что приводит к отключению включенного до сих пор контактора (например, КМ1), после чего нажимается кнопка SB2.

Это приводит к включению контактора КМ2 и подаче на АД напряжения источника питания с другим порядком чередования фаз. Магнитное поле двигателя изменяет свое направление вращения на противоположное, что приводит к началу процесса реверса. Этот процесс состоит из двух этапов: торможения противовключением и разбега в противоположную сторону.

В случае необходимости только торможения двигателя при достижении им нулевой частоты вращения должна быть вновь нажата кнопка SB3, что приведет к отключению двигателя от сети и возвращению схемы в исходное положение. Если кнопка SB3 нажата не будет, то это приведет к разбегу двигателя в другую сторону, т.е. к его реверсу.

Во избежание короткого замыкания в цепи статора, которое может возникнуть в результате одновременного ошибочного нажатия кнопок SB1 и SB2, в реверсивных магнитных пускателях иногда предусматривается специальная механическая блокировка. Она представляет собой рычажную систему, которая предотвращает втягивание одного контактора, если включен другой. В дополнение к механической блокировке в схеме используется типовая электрическая блокировка, применяемая в

реверсивных схемах управления. Она предусматривает перекрестное включение размыкающих контактов аппарата КМ1 в цепь катушки аппарата КМ2 и, наоборот.

Следует отметить, что повышению надежности и удобства в эксплуатации способствует использование в схеме воздушного автоматического выключателя QF. Его наличие исключает возможность работы привода при обрыве одной фазы, при однофазном коротком замыкании.

Схема управления многоскоростным АД.

Эта схема (рис. 1.3) обеспечивает получение двух скоростей двигателя путем соединения секций (полуобмоток) обмотки статора в треугольник или двойную звезду, а также его реверсирование. Защита электропривода осуществляется тепловыми реле КК1 и КК2 и предохранителями FA.

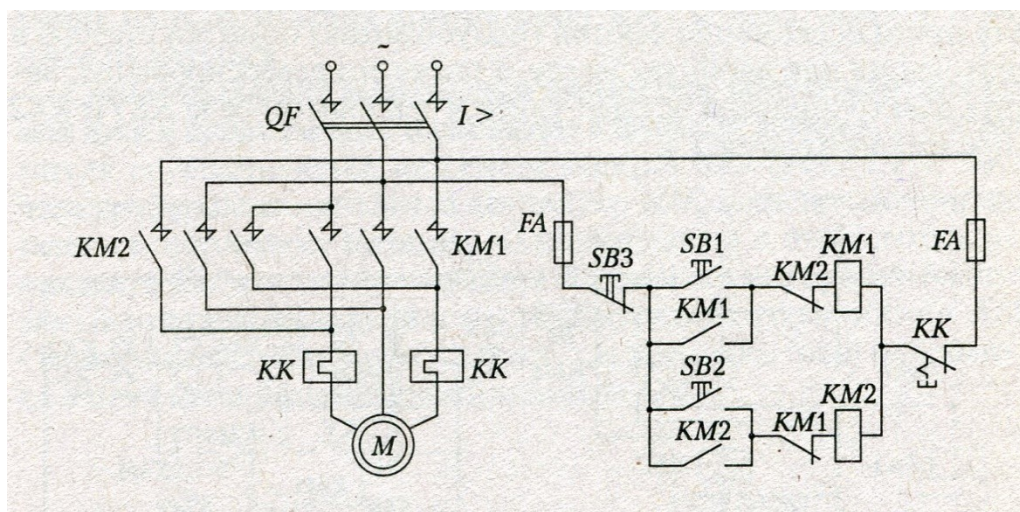


Рис. 1.3. Схема управления двухскоростным АД

Для пуска двигателя на низкую частоту вращения нажимается кнопка SB4, после чего срабатывает контактор КМ2 и блокировочное реле KV. Статор двигателя оказывается включенным по схеме треугольника, а реле KV, замкнув свои контакты в цепях катушек аппаратов КМ3 и КМ4,

подготавливает подключение двигателя к источнику питания. Далее нажатие кнопки SB1 или SB2 приводит к включению соответственно в направлении «Вперед» или «Назад».

После разбега двигателя до низкой частоты вращения может быть осуществлен его разгон до высокой частоты вращения. Для этого нажимается кнопка SB5, что приведет к отключению контактора KM2 и включению контактора KM1, обеспечивающему переключение секций обмоток статора с треугольника на двойную звезду.

Остановка двигателя производится нажатием кнопки SB3, что вызовет отключение всех контакторов от сети и торможение двигателя выбегом.

Применение в схеме двухцепных кнопок управления не допускает одновременного включения контакторов KM1 и KM2, KM3 и KM4. Этой же цели служит перекрестное включение размыкающих блок-контактов контакторов KM1 и KM2, KM3 и KM4 в цепи их катушек.

Схема управления АД, обеспечивающая прямой пуск и динамическое торможение в функции времени

Пуск двигателя осуществляется нажатием кнопки SB1 (рис. 2.4), после чего срабатывает линейный контактор KM, подключающий двигатель к источнику питания. Одновременно с этим замыкание контакта KM в цепи реле времени КТ вызовет его срабатывание и замыкание его контакта в цепи контактора торможения KM1. Однако последний не срабатывает, так как перед этим разомкнулся в этой цепи размыкающий контакт KM.

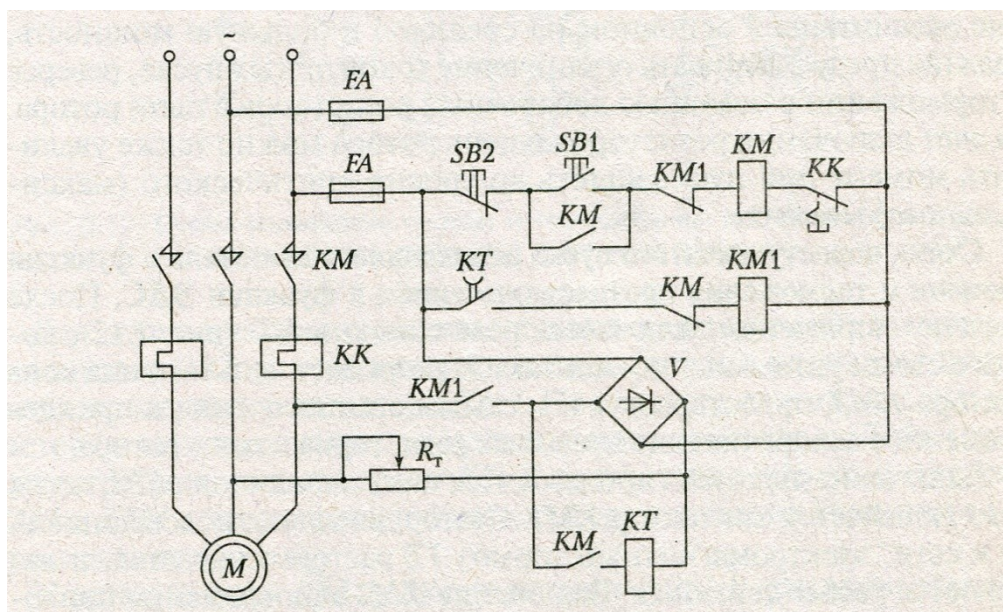


Рис. 1.4. Схема управления пуском и динамическим торможением АД с короткозамкнутым ротором

Для остановки двигателя нажимается кнопка SB2, Контактор KM отключается, размыкая свои контакты в цепи статора двигателя и отключая тем самым его от сети переменного тока. Одновременно с этим замыкается контакт KM в цепи аппарата KM1 и размыкается контакт KM в цепи реле KT. Это приводит к включению контактора торможения KM1, подаче в обмотки статора постоянного тока от выпрямителя V через резистор Rt и переводу двигателя в режим динамического торможения.

Реле времени KT, потеряв питание, начинает отсчет выдержки времени. Через интервал времени, соответствующий времени останова двигателя, реле KT размыкает свой контакт в цепи контактора KM1, тот отключается, прекращая подачу постоянного тока в цепь статора. Схема возвращается в исходное положение.

Интенсивность динамического торможения регулируется резистором Rt, с помощью которого устанавливается необходимый постоянный ток в статоре двигателя.

Для исключения возможности одновременного подключения статора к источникам переменного и постоянного тока в схеме использована типовая блокировка с помощью размыкающих контактов КМ и КМ1, включенных перекрестно в цепи катушек этих аппаратов.

Типовые схемы управления АДс фазным ротором. Схемы управления двигателя с фазным ротором, которые рассчитаны в основном на среднюю и большую мощность, должны предусматривать ограничение токов при их пуске, реверсе и торможении с помощью добавочных резисторов в цепи ротора. За счет включения резисторов в цепь ротора можно также увеличить момент при пуске вплоть до уровня критического (максимального) момента.

Схема одноступенчатого пуска АД в функции времени и торможения противовключением в функции ЭДС

После подачи напряжения включается реле времени КТ (рис. 2.5), которое своим размыкающим контактом разрывает цепь питания контактора КМ3, предотвращая тем самым его включение и преждевременное закорачивание пусковых резисторов в цепи ротора.

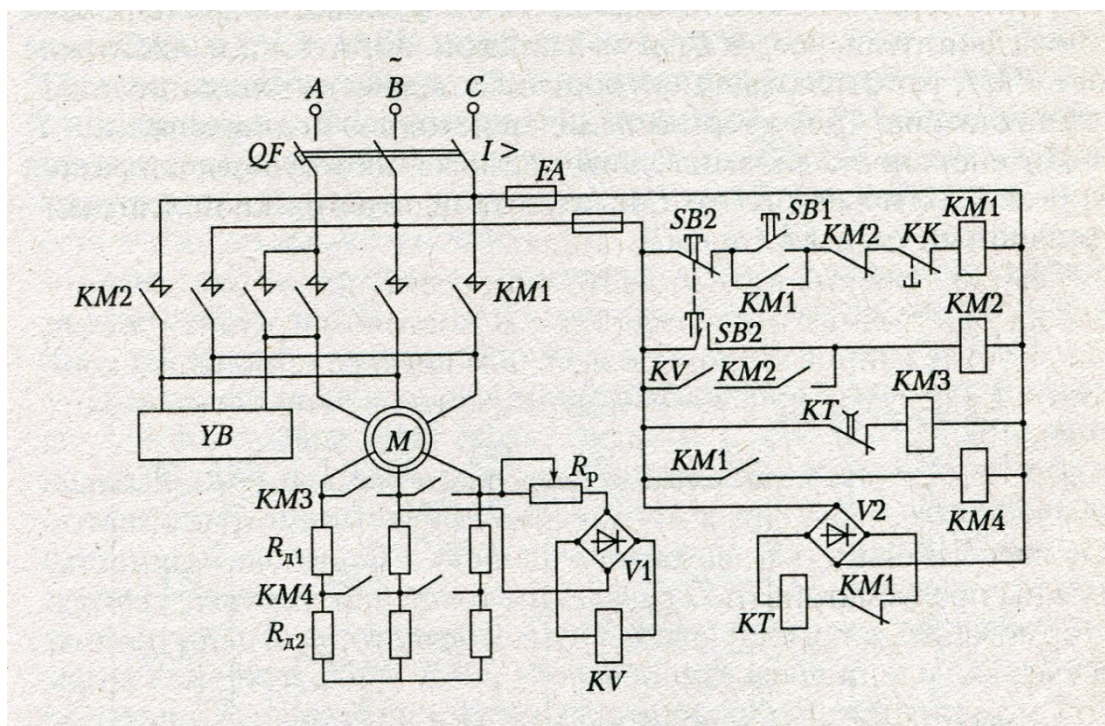


Рис. 1.5. Схема управления пуском и торможением противовключением АД с фазным ротором

Включение двигателя производится нажатием кнопки SB1, после чего включается контактор KM1. Статор двигателя подсоединяется к сети, электромагнитный тормоз YB растормаживается, и начинается разбег двигателя. Включение KM1 одновременно приводит к срабатыванию контактора KM4, который своим контактом шунтирует ненужный при пуске резистор противовключения Rd2, а также разрывает цепь катушки реле времени KT. Последнее, потеряв питание, начинает отсчет выдержки времени, после чего замыкает свой контакт в цепи катушки контактора KM3, который срабатывает и шунтирует пусковой резистор Rd1, в цепи ротора, и двигатель выходит на свою естественную характеристику.

Управление торможением обеспечивает реле торможения KV, контролирующее уровень ЭДС (частоты вращения) ротора. С помощью резистора Rp, оно отрегулировано таким образом, что при пуске, когда скольжение двигателя $0 < s < 1$, наводимая в роторе ЭДС будет недостаточна

для включения, а в режиме противовключения, когда $1 < s < 2$, уровень ЭДС достаточен для его включения.

Для осуществления торможения двигателя нажимается двояная кнопка SB2, размыкающий контакт которой разрывает цепь питания катушки контактора КМ1. После этого двигатель отключается от сети и разрывается цепь питания контактора КМ4 и замыкается цепь питания реле КТ. В результате этого контакторы КМ3 и КМ4 отключаются и в цепь ротора двигателя вводится сопротивление $R_{д1} + R_{д2}$.

Нажатие кнопки SB2 приводит одновременно к замыканию цепи питания катушки контактора КМ2, который, включившись, вновь подключает двигатель к сети, но уже с другим чередованием фаз сетевого напряжения на статоре. Двигатель переходит в режим торможения противовключением. Реле КV срабатывает и после отпускания, кнопки SB2 будет обеспечивать питание контактора КМ2 через свой контакт и замыкающий контакт этого аппарата.

В конце торможения, когда частота вращения будет близка к нулю и ЭДС ротора уменьшится, реле КV отключится и своим размыкающим контактом разомкнет цепь катушки контактора КМ2. Последний, потеряв питание, отключит двигатель от сети, и схема придет в исходное состояние. После отключения КМ2 тормоз УВ, потеряв питание, обеспечит фиксацию (торможение) вала двигателя.

1.4. Структурная схема станции автоматического управления питательными насосами.

Насосная станция состоит из группы контакторов, которые осуществляют коммутацию асинхронных двигателей, которые, в свою очередь, приводят во вращение центробежные насосы.

Станция автоматического управления электроприводом (далее СУ) предназначена для управления преобразователем частоты и питательными насосами котлов с целью поддержания заданного давления в магистрали по сигналу от датчика давления.

Параметры электропитания насосной станции

Напряжение питающей сети - 380 В, частота питающей сети - 50 Гц. Система управления питается от подстанции КТП мощностью 1000 кВА. Категория электроснабжения - 1, которая предусматривает наличие резервной линии электропитания при выходе из строя основной. Допускается отклонение питающего напряжения в пределах -15%...+10% от номинального значения (380В), обеспечивается длительный режим работы одного из трехфазных асинхронных электродвигателей мощностью 200 кВт. Их количество - 2 шт. Обеспечивается защита двигателей от короткого замыкания, от перегрузки по току более 20% сверх номинального значения (354А), от перегрева, от повышенного и пониженного напряжения питающей сети. Степень защиты по ГОСТ 14254-96 - IP54.

Необходимые условия технической эксплуатации станции управления питательными насосами: высота над уровнем моря не более 1000м., температура окружающего воздуха в пределах -10...+40°С, относительная влажность воздуха не более 90%. Окружающая среда должна удовлетворять требованиям типа II по ГОСТ 15150-69, т.е. невзрывоопасная, не содержащая токопроводящей пыли, агрессивных коррозионных газов и паров. Все условия технической эксплуатации выполняются установкой станции автоматического управления питательными насосами в помещении, где сосредоточено все управляющее оборудование, средства КИПиА. Данное помещение оборудовано системой отопления, обеспечивающей заданный диапазон температур, а также удовлетворяет всем требованиям ГОСТ 15150-

69, то есть помещение является невзрывоопасной, не содержащей токопроводящей пыли, агрессивных коррозионных газов и паров.

1.5. Основные технические требования к станции автоматического управления

Станция автоматического управления электроприводом должна обеспечить:

а) Управление коммутацией двух трехфазных асинхронных двигателей насосных агрегатов. Максимальное количество работающих насосов – один.

б) Два режима управления:

1) ручной.

2) автоматический.

в) Подключение сигнальных и управляющих цепей к СУ экранированным кабелем.

г) Нормальное функционирование СУ при колебаниях входного напряжения, при изменении частоты питающей сети.

д) Нормальное функционирование при следующих условиях эксплуатации:

1) Температура окружающей среды $-10\dots+40^{\circ}\text{C}$.

2) Относительная влажность 90%.

е) Степень защиты системы управления в соответствии с ГОСТ 14254-96 – IP54.

Все системы управления насосами делятся на три группы:

а) К первой группе относятся системы, которые включают в себя устройства, дросселирующие сеть, то есть изменяющие характеристику сети, но не изменяющие характеристику насоса.

б) Ко второй группе можно отнести устройства, изменяющие характеристику насоса, но не изменяющие характеристику сети.

в) В третью группу входят устройства, изменяющие характеристику и сети, и насоса.

Система управления будет состоять из преобразователя частоты, коммутационной аппаратуры, систем индикации, датчика обратной связи по давлению. Необходимо подобрать преобразователь частоты, который сможет обеспечить технические требования объекта проектирования, а именно:

- а) Управление двумя асинхронными трехфазными двигателями.
- б) Скалярный принцип управления электродвигателями.
- в) Управление по закону $U/f = \text{const}$.
- г) Подключение датчика давления.
- д) Встроенный ПИД-регулятор.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе представлено решение актуальной задачи - создание метода проектирования системы частотного управления АД с широтно-импульсным регулированием путем формирования многоступенчатого напряжения на статоре, учитывающего технологические особенности работы асинхронного двигателя. Основные результаты работы:

Анализ известных решений показывает низкую эффективность систем частотного управления асинхронным двигателем из-за несогласованных информационных процессов преобразования энергии ее компонент, проектируемых комбинаторными методами итерационного анализа. Выявлена информационная технология проектирования преобразователей энергии, целесообразная для создания метода проектирования системы управления асинхронным двигателем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Б.С. Лезнов. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздуходувных установках. – М.: Энергоатомиздат, 2018.
2. Методические указания. Правила устройства электроустановок. Защита и автоматика, - 6-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 2018 – 645 с.
2. Чернобровов Н. В., Семенов В. А. Релейная защита энергетических систем: Учебное пособие для техникумов. – М.2018 – 800 с.
4. Шабад М.А. Защита распределительных сетей. – Л.: Энергоиздат, 2019 – 136 с.
5. Андреев В.А. Автоматика и телемеханика в системах электроснабжения. – М.: Высшая школа, 2016 – 391 с.
6. Небрат И.Л. Расчеты токов короткого замыкания для релейной защиты. – СПб. 2017 – 52 с.
9. Овчаренко Н.И. Элементы автоматических устройств энергосистем: Учебник для ВУЗов. М.: Энергоатомиздат, 2015