

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»**
Институт «Политехнический», факультет «Энергетический»
Кафедра «Автоматизированный электропривод»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой, к.т.н., доцент

_____/А.Н. Шишков/

“ ____ ” _____ 2017 г.

Автоматизированный верхний электропривод буровой установки

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К ВЫПУСКНОМУ
КВАЛИФИКАЦИОННОМУ ПРОЕКТУ**

ЮУрГУ-13.03.02.2017.414 ВКП

Руководитель проекта:
Доцент, к.т.н.

_____/А.Н. Горожанкин /

“ ____ ” _____ 2017 г.

Автор проекта
студент группы _____ П-476 _____

_____/М.А. Сычев /

“ ____ ” _____ 2017 г.

Нормоконтролер:
Доцент, к.т.н.

_____/Т.А. Функ/

“ ____ ” _____ 2017 г.

Челябинск 2017 г.

АННОТАЦИЯ

Сычев М.А. «Автоматизированный верхний электропривод буровой установки». - Челябинск: ЮУрГУ, Э; 2017, 64 с., 15 ил., 13 табл. Библиографический список – 20 наим., 2 листа чертежа ф. А3

В ходе дипломного проектирования был выбран электропривод системы верхнего силового привода буровой установки и реализована автоматическая система управления приводом.

Выбрано электрооборудование системы управления электроприводом, включающее в себя асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, преобразователь частоты, программируемый логический контроллер, силовое и вспомогательное оборудование, необходимое для реализации данного проекта. Разработана электрическая принципиальная схема механизма и функциональная схема.

В качестве пульта управления оператора выбрана стационарная сенсорная панель.

| | | | | | | | |
|-------------|-----------------|-----------------|----------------|------------|-------------------------------------|-------------|---------------|
| | | | | | ЮУрГУ-13.03.02.2017.414.00ПЗ | | |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дат</i> | | | |
| Разраб. | Сычев М.А. | | | | <i>Лит.</i> | <i>Лист</i> | <i>Листов</i> |
| Провер. | Горожанкин А.Н. | | | | | | |
| Реценз | | | | | ЮУрГУ Кафедра «АЭП» | | |
| Н. Контр. | Функ Т.А. | | | | | | |
| Утверд. | Шишков А.Н. | | | | | | |

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 6 |
| 1 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА..... | 8 |
| 1.1 Технология бурения глубоких скважин | 8 |
| 1.2 Система верхнего привода..... | 9 |
| 2 ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ ВЕРХНЕГО ПРИВОДА И СИСТЕМЕ АВТОМАТИКИ..... | 13 |
| 2.1 Требования к системе электропривода..... | 13 |
| 2.2 Требования, предъявляемые автоматической системе управления .. | 17 |
| 3 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАБОТЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ | 20 |
| 3.1 Входные и выходные сигналы контроллера | 20 |
| 3.2 Уравнения работы системы | 21 |
| 3.3 Меню управления | 23 |
| 4 ВЫБОР ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ..... | 26 |
| 4.1 Выбор программируемого контроллера..... | 26 |
| 4.2 Выбор датчиков и потенциометра | 31 |
| 4.3 Выбор сенсорного монитора | 32 |
| 5 ВЫБОР ЭЛЕКТРОПРИВОДА И НАСТРОЙКА ДЛЯ РАССМАТРИВАЕМОЙ СИСТЕМЫ..... | 35 |
| 5.1 Выбор типа электропривода для силового верхнего привода | 35 |
| 5.1.1 Электропривод постоянного тока..... | 37 |
| 5.1.2 Синхронный привод..... | 38 |
| 5.1.3 Асинхронный электропривод..... | 38 |

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|--------------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.4.13.01ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | 4 |

| | | |
|-------|--|----|
| 5.2 | Расчет мощности системы верхнего привода..... | 39 |
| 5.3 | Выбор приводного двигателя системы силового верхнего привода. | 41 |
| 5.4 | Выбор двигателей вспомогательных механизмов..... | 42 |
| 5.5 | Выбор преобразователя..... | 43 |
| 5.5.1 | Выбор преобразователя..... | 43 |
| 5.5.2 | Схема соединения силовых цепей и цепей управления преобразователя частоты ACS800-307-0790-3..... | 48 |
| 5.5.3 | Настройка электропривода и диагностика состояния работы верхнего силового привода | 49 |
| 5.6 | Выбор устройств плавного пуска для вспомогательных механизмов верхнего привода..... | 51 |
| 5.7 | Выбор блока питания | 52 |
| 6 | РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ..... | 53 |
| 7 | РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ... | 59 |
| 8 | РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ..... | 60 |
| | ЗАКЛЮЧЕНИЕ..... | 61 |
| | БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК..... | 62 |

ВВЕДЕНИЕ

Автоматизированный электропривод (АЭП) – электрический привод, в котором регулирование режимов работы осуществляется при помощи устройств автоматического управления в соответствии с требованиями производственного процесса. Для управления АЭП применяют силовые преобразователи, бесконтактные системы управления, микропроцессоры, программируемые контроллеры и др. средства автоматизации.

В нефтяной промышленности широко внедрено автоматизированное управление процессом бурения. В основу централизации управления положен принцип автоматического пуска/торможения буровой колонны на буровой установке с контролем момента на валу колонны, контролем по скорости колонны и остановки буровой установки одновременным отключением всех механизмов.

Автоматизация предусматривает оснащение средствами автоматического контроля и управление, как самим верхним приводом, так и вспомогательными механизмами.

Под автоматизированной буровой установкой понимается такая установка, основные типы приводов которой объединены общей системой управления, обеспечивающей соблюдение необходимых блокировок и защит, а также автоматическую реализацию законов пуска и остановки и буровой установки.

Основными факторами, влияющими на процесс автоматизации процессов бурения, являются: разнообразие стационарных буровых установок по конфигурации, числу вспомогательного оборудования; разнотипность буровых по их технологическому назначению, глубине бурения, максимально-допустимой нагрузки на валу колонны, динамическим характеристикам; разнотипность приводов основных механизмов буровой по числу и типу двигателей и т.д.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|--------------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.4.13.01ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | 6 |

Чтобы система АЭП удовлетворяла всем предъявляемым к ней требованиям, необходимо при проектировании учитывать большое число различных факторов, то есть использовать системный подход к решению задачи.

В данном проекте автоматизация будет построена на программируемом логическом контролере *SIMATIC S7-300* фирмы *SIEMENS*, который обладает характеристиками, достаточными для управления объектом.

Для создания человеко-машинного интерфейса (*HMI*) и решения задач оперативного управления будет использован пульт управления, на котором оператор сможет выбирать необходимый режим работы, осуществлять запуск механизма, определять причину возникновения аварии и т.д.

Контроль положения механизмов будет осуществляться датчиками ограждения, момента и скорости.

Для приведения механизмов в движения будут использованы асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором фирмы «*ABB*», управление которыми будем осуществлять преобразователями частоты *ACS 800* фирмы «*ABB*».

Внедрение системы автоматизации данными механизмами позволит оптимизировать управления им и уменьшить роль оператора в процессе управления.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|--------------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.4.13.01ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| | | | | | | 7 |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | |

1 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

1.1 Технология бурения глубоких скважин

Процесс бурения скважин – это долгий и трудоемкий процесс, состоящий из множества основных и подготовительных операций.

Вначале подготавливают площадку для установки разнообразного оборудования. Монтируют буровую вышку, около нее сооружают небольшой завод по получению глинистого раствора, строят водовод, устанавливают мощные насосы для закачки раствора в скважину. Тут же сооружается электроцех, к которому подается электричество от линии высоковольтной передачи. Устанавливаются мощные лебедки для подъема и спуска бурового инструмента. В относительной близости от скважины сооружаются жилые дома, кернохранилища (склад, где хранятся образцы породы, поднятые из скважины), контора, бытовые предприятия. И в конечном итоге подготовки около скважины возникает целый поселок с большим количеством людей и оборудования.

Установка буровая БУ 4500/270 ЭК–БМ с электрическим приводом, эшелонным расположением блоков в блочно – модульном исполнении предназначена для кустового (наклонно-направленного) бурения нефтяных и газовых скважин с условной глубиной залегания продуктивных пластов 4500 м в макроклиматических районах с умеренным климатом – У, категории 1 по ГОСТ 15150-69 (от -45 до +40 °С) на месторождениях с содержанием сероводорода менее 6%.

На рисунке 1.1 представлен внешний вид комплекса буровой установки БУ 4500/270 ЭК-БМ

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|--------------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.4.13.01ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | 8 |



Рисунок 1.1 – Схема установки для бурения глубоких скважин.

Так как темой моего дипломного проектирования является «Автоматизированный верхний электропривод буровой установки», а сама система верхнего привода включает в себя в себе функции ротора и вертлюга, служащих для вращения бурильной колонны и для ввода бурового раствора внутрь колонны, то в дальнейшем я буду рассматривать только этот механизм на примере БУ 4500/270 ЭК-БМ, где для системы верхнего привода я осуществлю выбор электропривода и выполню требования АСУ [2].

1.2 Система верхнего привода

Система верхнего привода представляет собой подвижный вращатель, важной особенностью которого является совмещение в одном устройстве функций вертлюга и ротора. Кроме того, СВП имеет комплекс средств для работы с бурильными трубами при выполнении спуско-подъёмных операций. Общее назначение этой системы заключается в обеспечении быстрой и безаварийной проводке скважин с профилем любой сложности [10]. Более

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

ЮУрГУ-13.03.02.2017.4 13.01ПЗ

Лист

9

подробно рассматривая спектр задач, решаемых с применением СВП, можно выделить несколько основных выполняемых ею функций. К ним относятся: вращение бурильной колонны с регулированием частоты при бурении, проработке и расширении ствола скважины, при подъеме/спуске бурильной колонны; торможение бурильной колонны и её удержание в заданном положении; обеспечение проведения спуско-подъемных операций в том числе: наращивание или разборка бурильной колонны свечами и одиночными трубами; свинчивание или развинчивание бурильных труб, докрепление или раскрепление резьбовых соединений переводников и шаровых кранов; подача бурильных труб к стволу или удаление от ствола вертлюга; проведение операций по спуску обсадных колонн в скважину; промывка скважины и одновременное проворачивание бурильной колонны; задание и обеспечение величин крутящего момента и частоты вращения, их измерение и вывод показаний на дисплей шкафа управления, выносной дисплей, пульт управления и на станцию геолого-технических исследований; дистанционное управление; герметизация внутритрубного пространства шаровыми кранами.

Система верхнего привода в последнее время становится наиболее популярным способом бурения нефтяных и газовых скважин. Этой системой оборудуются как импортные, так и отечественные буровые установки. В нашей стране такие установки используются, например, на Каспийском шельфе в Астрахани.

Всё более возрастающая популярность бурения скважин при помощи СВП обусловлена неоспоримыми преимуществами данной техники перед традиционными методами бурения ротором или забойными двигателями. Среди них: экономия времени в процессе наращивания труб при бурении; уменьшение вероятности прихватов бурового инструмента; расширение или же проработка ствола скважины при спуске и подъеме инструмента [11].



Рисунок 1.2 – Общий вид верхнего привода.

Подвижная часть системы верхнего привода состоит из вертлюга- редуктора, подвешенного на штропах на траверсе талевого блока. На верхней крышке вертлюга-редуктора предусмотрен взрывозащищенный электродвигатель постоянного тока. Один конец вала электродвигателя посредством эластичной муфты присоединен к быстроходному валу редуктора. На противоположном конце – диско-колодочный тормоз. К корпусу вертлюга-редуктора крепится рама, через неё блоком роликов передается крутящий момент на направляющие и с них – на вышку. Между талевым блоком и вертлюгом-редуктором установлена система разгрузки резьбы, она обеспечивает автоматический вывод резьбовой части ниппеля замка бурильной трубы из муфты при развинчивании и ход ниппеля при свинчивании замка.

Трубный манипулятор под действием зубчатой пары с приводом от гидромотора может поворачивать элеватор в любую необходимую сторону: на мостки, на шурф для наращивания и т. д. Трубный зажим нужен для захвата и

удержания от вращения верхней муфты трубы во время свинчивания/развинчивания с ней ствола вертлюга.

Между ниппелем и стволом вертлюга наверху ручной шаровой кран для неоперативного перекрытия внутреннего отверстия ствола вертлюга. Для оперативного перекрытия отверстия ствола вертлюга перед отводом установлен внутренний превентор (двойной шаровой кран), который также служит для удержания остатков промывочной жидкости после отвинчивания бурильной колонны.

Вертлюжная головка служит для передачи рабочей жидкости с невращающейся части СВП на вращающуюся часть и позволяет не отсоединять гидравлические линии, когда трубный манипулятор вращается с бурильной колонной при бурении, при проработке скважины или позиционировании механизма отклонения штропов элеватора. 14 Система отклонения штропов предназначена для отвода/подвода элеватора к центру скважины.

Система отклонения штропов представляет собой штропы, подвешенные на боковых рогах траверсы. К штропам крепятся гидроцилиндры отклонения штропов [1].

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|--------------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.4.13.01ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | 12 |

2 ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ ВЕРХНЕГО ПРИВОДА И СИСТЕМЕ АВТОМАТИКИ

2.1 Требования к системе электропривода

Верхний силовой привод однодвигательный и выполнен от двигателя переменного тока. Питание электродвигателя должно осуществляться от преобразователей частоты, расположенных контейнере КЧЭ.

Режим работы приводного двигателя продолжительный. До 80 % развиваемой двигателем мощности расходуется на перекрытие суммы потерь в поверхностном оборудовании и на трение колонны труб о стенки скважины, а также на вибрацию колонны. Мощность электропривода должна быть больше, чем сумма потерь и мощности, затрачиваемой непосредственно на бурение (включая трение долота).

В процессе бурения неоднородных пород момент сопротивления на долоте непрерывно изменяется. Колебания момента сопротивления на долоте передаются по колонне бурильных труб приводному двигателю ротора в виде упругих волн кручения, продольных колебаний и других возмущений, распространяющихся в стальных трубах со скоростью 3 км/с.

В результате отражения волн кручения, вызванных заклиниванием долота, напряжения кручения, пропорциональные частоте вращения труб, возрастают, что в конечном итоге приводит к поломке труб. Поскольку при мягкой механической характеристике приводного двигателя ротора частота его вращения уменьшается, то и напряжение кручения в трубах через одно и то же время при мягкой механической характеристике привода будут меньше, чем при жесткой. Таким образом, с точки зрения защиты труб от напряжений качения и от поломки, следует отдавать предпочтения приводу с мягкой механической характеристикой.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|--------------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.4.13.01ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | 13 |

При заклинивании долота, когда низ колонны бурильных труб оказывается неподвижным, а ротор продолжает вращаться, закручивая трубы, момент двигателя может достигнуть своего максимального значения. Чтобы ограничить возникающие при этом напряжения кручения в трубах, следует ограничить момент, передаваемый от двигателя бурильной колонне. Это может быть достигнуто применением двигателей со сравнительно небольшой кратностью максимального момента $\lambda \leq 1,8 - 2,0$, либо применением в приводе ротора средств ограничения момента.

С заклиниванием долота связан также процесс передачи колонне бурильных труб кинетической энергии, запасенной во вращающихся частях поверхностного оборудования привода ротора. С точки зрения уменьшения кинетической энергии, передаваемой трубам, целесообразно иметь верхний силовой привод с минимальным моментом инерции вращающихся частей.

Следовательно, при горизонтальном бурении привод должен иметь мягкую механическую характеристику, по возможности минимальный момент инерции и ограниченный максимальный момент. Регулировать частоту вращения целесообразно при постоянном моменте.

Поскольку при помощи верхнего силового привода выполняются аварийные и некоторые вспомогательные работы, то привод должен иметь реверс.

Из всех вышеперечисленных требований к электроприводу систему управления для комплекса преобразователь частоты – асинхронный двигатель целесообразно выбрать *DTC* управление. На рисунке 2.1 приведена функциональная схема двухканальной системы *DTC* – регулирования момента. Асинхронный двигатель МА подключен статорными обмотками к выходным клеммам преобразователя частоты ПЧ.

Сигналы, пропорциональные мгновенным значениям фазных токов i_A, i_B, i_C и фазных напряжений U_A, U_B, U_C поступают в систему управления электропривода и обрабатываются блоком вычислительной программы «Модель АД», который выделяет оценки переменных состояния двигателя $\hat{\Psi}$ и \hat{M} и направляет их на выходы регуляторов потокосцепления и момента навстречу задающим сигналам

$\Psi_{\text{зад}}$ и $M_{\text{зад}}$.

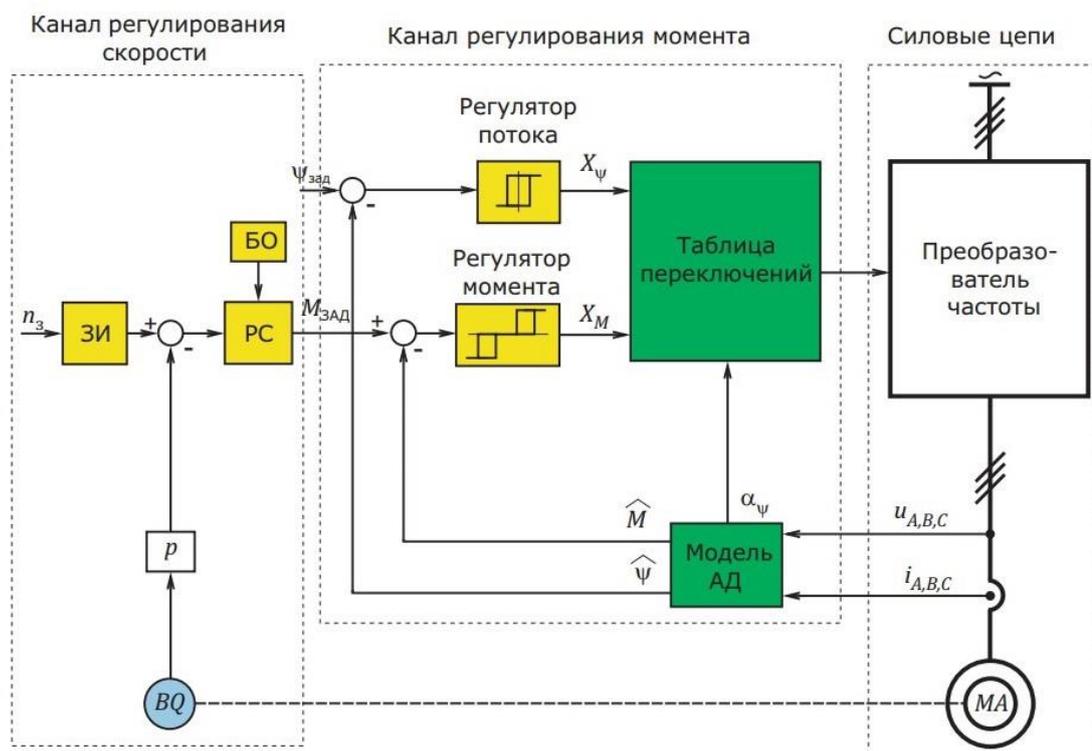


Рисунок 2.1 – функциональная схема электропривода с DTC – регулированием

Кроме названных сигналов $\hat{\Psi}$ и \hat{M} блок «Модель АД» вычисляет также мгновенные значения углового положения α вектора Ψ .

Регуляторы потока Ψ и момента M генерируют сигналы X_Ψ и X_M , которые соответствуют желаемому направлению изменения приращения амплитуды и угла поворота вектора Ψ . Релейная характеристика этих регуляторов, во-первых, способствует форсировки процессов в последующих звеньях прямого канала, повышая быстродействие системы электропривода, а во-вторых, резко упрощает логику работы последующих звеньев системы регулирования, ограничивая изменение их набором лишь набором фиксированных значений.

Таблица переключений обрабатывает входные сигналы α_Ψ , X_Ψ и X_M .

Сигналы X_Ψ и X_M , снимаемые с выхода регуляторов и поступающие на вход звена «Таблица переключений», указывают, в каком направлении следует изменять вектор Ψ .

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
| | | | | |

ЮУрГУ-13.03.02.2017.4 13.01ПЗ

Лист

15

Набор возможных состояний вектора Ψ , задаваемых сигналом α_ψ и набор возможных команд, задаваемых сигналами X_ψ и X_M , оформлены в виде таблицы переключений (рисунок 2.2). Нужно приращение $\Delta\psi$ вектора Ψ в заданный момент времени находится из «Таблицы переключений» по месту расположения квадрата (клеточки таблицы), лежащего на пересечении строки выбранной регуляторами команды и столбца, соответствующему текущему угловому положению α вектора Ψ .

Таблица 2.1 – Переключение вектора напряжений на статоре

| Набор команд | | Набор состояний вектора ψ | | | | | |
|----------------------------|-------|--|------------|------------|------------|------------|------------|
| Выходной сигнал регулятора | | Текущее состояние вектора ψ , задаваемое номером сектора α | | | | | |
| X_ψ | X_M | α_1 | α_2 | α_3 | α_4 | α_5 | α_6 |
| +1 | +1 | U_2 | U_3 | U_4 | U_5 | U_6 | U_1 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | -1 | U_6 | U_1 | U_2 | U_3 | U_4 | U_5 |
| -1 | +1 | U_3 | U_4 | U_5 | U_6 | U_1 | U_2 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | -1 | U_5 | U_6 | U_1 | U_2 | U_3 | U_4 |

Поясню, как реализуется в схеме приращения $\Delta\psi$ потокосцепления. Вектор \bar{U} напряжения на статоре двигателя связан с вектором $\bar{\psi}$ потокосцепления известным из курса ТОЭ соотношением:

$$\bar{U} = \frac{d\bar{\psi}}{dt}. \quad (1)$$

Заменяя бесконечно малые приращения переменных на малые конечные, соответствующие одному такту Δt ЧШИМ цепи статора, получим:

$$\Delta\bar{\psi} = \bar{U}\Delta t. \quad (2)$$

Вектор \bar{U} характеризуется амплитудой и фазой α . В электроприводе с DTC – регулированием амплитуда вектора \bar{U} принята постоянной, соответствующей полуротактной амплитуде трехфазного напряжения питающей сети [3].

2.2 Требования, предъявляемые автоматической системе управления

Из АСУ в систему управления силовым верхним приводом поступает сигнал задания скорости, а также уставка ограничения момента.

Система автоматического регулирования привода должна обеспечивать как минимум: плавное регулирование скорости в заданном диапазоне; поддержание заданной скорости вращения электродвигателя; ограничение темпа разгона и торможения электродвигателя привода, контроль положения элементов трубного манипулятора, используемого в системах верхнего привода для операций развинчивания и свинчивания резьбовых соединений труб, а так для наращивания длины бурильной колонны, контроль величины крутящего момента при свинчивании и бурении.

В системе автоматического управления верхним электроприводом должны быть предусмотрены необходимые технологические и электрические блокировки и защиты. При срабатывании защит и блокировок электропривод должен отключаться, при этом на пульте бурильщика и в модуле ЧП должна загораться соответствующая световая информация с надписью, расшифровывающей вид отказа.

В системе управления должна предусматриваться возможность полного отключения механизмов верхнего силового привода от линии питания, а также блокировка с целью предотвращения случайного включения.

В АСУ предусмотрены следующие технологические защиты:

- а) защита от превышения момента на валу двигателя;
- б) блокировка, исключающая работу верхнего силового привода при отклоненных сверх нормы штропах;
- в) блокировка, исключающая работу привода при снятых ограждениях. При срабатывании любой из технологических защит АСУ посылает в систему управления привода обобщенный сигнал “ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ АВАРИЯ” по которому должна производиться блокировка регуляторов и загораться соответствующая световая индикация на двери шкафа управления.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|--------------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.4.13.01ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | 17 |

Кроме технологических защит и блокировок в системе управления приводом должны быть предусмотрены электрические защиты, которые срабатывают от внутренних сигналов системы управления привода:

- а) от превышения тока статора;
- б) от перегрузки частотного преобразователя;
- в) от превышения напряжения в звене постоянного тока;

При срабатывании электрической защиты, также, как и при срабатывании технологической защиты, должны блокироваться регуляторы, на пульте управления бурильщика загорается надпись: “АВАРИЯ ПРИВОДА”, а на двери шкафа управления в КЧЭ появляется информация, расшифровывающая вид отказа.

Управление ВСП осуществляется при помощи пульта верхнего привода. Верхний силовой привод должен быть совместим со средствами механизации спуско-подъемных операций. Управление главными и вспомогательными исполнительными механизмами, и приводом ротора должно осуществляться с пульта управления, который расположен компактно с пультами управления другими приводами буровой установки (лебедкой, насосами и др.), с помощью аппаратуры установленной на его лицевой панели.

Включение вспомогательных механизмов верхнего привода: насоса маслосмазки, вентилятора обдува двигателя возможно как в ручном, так и в автоматическом режиме.

Режим запуска вспомогательных механизмов верхнего привода выбирается с помощью переключателей, установленных на пульте управления верхним приводом.

В режиме ручного управления каждый из вспомогательных механизмов запускается и останавливается с помощью своих кнопок «ПУСК» и «СТОП» на пульте управления. Каждый вспомогательный механизм запускается независимо от других, если его схема готова к включению. Ручной режим используется при необходимости запуска вспомогательных механизмов по отдельности. Это может быть наладка или проверка механизмов.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|--------------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.4.13.01ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | 18 |

Запуск (отключение) верхнего привода осуществляется с помощью кнопок «ПУСК» «СТОП» на пульте управления.

Запуск верхнего привода возможен, если включены все вспомогательные механизмы: насос маслосмазки, вентилятор обдува двигателя.

При отключении верхнего привода в автоматическом режиме (нажатии кнопки «Стоп» на панели управления), ротор останавливается, и автоматически отключаются все вспомогательные механизмы данного привода.

Все вспомогательные механизмы верхнего привода останавливаются с выдержкой времени. Величина задержки на отключение задаётся с помощью системы АСУ ТП.

Если во время работы верхнего привода в целом выключается какой-либо его вспомогательный механизм, то этот самый привод так же останавливается.

Также на буровой установке имеется пульт бурильщика. На пульте бурильщика установлена аппаратура для управления главными приводами буровых установок.

На пульте бурильщика имеются кнопки «ПУСК» и «СТОП» роторного стола и лампа, которая сигнализирует о аварии, а также кнопка снятия аварии [5].

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|--------------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.4.13.01ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | 19 |

3 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАБОТЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

3.1 Входные и выходные сигналы контроллера

Таблица 3.1 – Выходные сигналы и команды

| Переменные | Обозначение | Название в программе |
|------------|----------------|----------------------|
| Выходные | Авария | Авария |
| | Масляный насос | Масляный насос |
| | Вентилятор | Вентилятор |
| | Верхний привод | Верхний привод |
| | Авария привода | Авария привода |
| | Тех. авария | Техническая авария |

Таблица 3.2 – Входные сигналы и команды

| Переменные | Обозначение | Название в программе |
|--------------------|-----------------------|--|
| Входные | Гот1...Гот3 | Гот1...Гот3 |
| | ДМвых | ДМвых |
| | Догр | Догр |
| | Дштр | Датчик шtroков |
| | ДС25 | ДС25 |
| | Перегр.ПЧ | Перегрев ПЧ |
| | Пов.Напр. | Повышенное напряжение в звене постоянного тока |
| | Пр.ток | Превышенный ток статора |
| | ДС200 | ДС200 |
| | ДС ¹ СЕК. | ДС ¹ СЕК. |
| С панели оператора | Пуск Верхнего привода | Пуск Верхнего привода |

Продолжение таблицы 3.2

| Переменные | Обозначение | Название в программе |
|------------|-----------------------|-----------------------|
| | Стоп Верхнего привода | Стоп Верхнего привода |
| | Пуск Масляного насоса | Пуск Масляного насоса |
| | Стоп Масляного насоса | Стоп Масляного насоса |
| | Пуск Вентилятор | Пуск Вентилятор |
| | Стоп вентилятор | Стоп вентилятор |
| | Верхний привод руч | Верхний привод руч |
| | Масляный насос руч | Масляный насос руч |
| | Вентилятор руч | Вентилятор руч |
| | Автомат | Автомат |
| | Руч1 | Руч1 |
| | Руч2 | Руч2 |
| | Руч3 | Руч3 |
| | Авт | Авт |
| | Сброс аварии | Сброс аварии |

3.2 Уравнения работы системы

$$\text{Масляный насос} = (\text{Автомат} \cdot (\text{Пуск}_{\text{Масляный насос}} + \text{Масляный насос}) \cdot \text{Стоп}_{\text{Масляный насос}}^{\uparrow} + \text{Масляный насос}_{\text{Руч}} \cdot \text{Ручной1}) \cdot \text{Стоп}_{\text{Верхний привод}}$$

Команда «Масляный насос» формируется в автоматическом режиме при наличии команды «Пуск_{Масляный насос}» и «Автомат», запоминается пока не будет нажата кнопка «Стоп_{Масляный насос}[↑]» с задержкой времени. В ручном режиме команда формируется при команде «Масляный насос_{Руч}» и команде «Ручной1».

$$\text{Вентилятор} = (\text{Автомат} \cdot (\text{Пуск}_{\text{Вентилятора}} + \text{Вентилятор}) \cdot \overline{\text{Стоп}}_{\text{Вентилятора}}^{\uparrow} + \text{Вентилятор}_{\text{Руч}} \cdot \text{Ручной2.}) \cdot \overline{\text{Стоп}}_{\text{Верхний привод}}$$

Команда «Вентилятор» формируется в автоматическом режиме работы при наличии команды «Пуск_{Вентилятора}» и «Автомат», запоминается пока не будет нажата кнопка «Стоп[↑]_{Вентилятора}» с задержкой времени. В ручном режиме команда формируется при наличии команды «Вентилятор_{Руч}» и команды «Ручной2».

$$\text{Верхний привод} = \text{Автомат} \cdot (\text{Вентилятор} \cdot \text{Масляный насос} \cdot \text{Пуск}_{\text{СВП}} + \text{Верхний привод} + \text{Верхний привод}_{\text{Руч}} \cdot \text{Ручной3}) \cdot \overline{\text{Стоп}}_{\text{Верхний привод}}$$

Команда «Верхний привод» формируется в автоматическом режиме работы при наличии команды «Пуск_{СВП}», «Масляный насос», «Автомат», «Вентилятор» и запоминается пока не будет нажата кнопка «Стоп_{Верхний привод}». В ручном режиме команда формируется при наличии команды «Роторный стол_{Руч}» и команды «Ручной3».

$$\text{Автомат} = (\text{Авт} \cdot \overline{\text{Гот1}} \cdot \overline{\text{Гот2}} \cdot \overline{\text{Гот3}} + \text{Автомат}) \cdot \overline{\text{Стоп}} \cdot \overline{\text{Ручной1}} \cdot \overline{\text{Ручной2}} \cdot \overline{\text{Ручной3}} \cdot \overline{\text{Авария}}$$

Автоматический режим формируется при нажатии кнопки «Авт» и наличии готовности преобразователей, запоминается пока не будет нажата кнопка «Стоп» или включится один из ручных режимов: «Ручной1», «Ручной2», «Ручной3» или произойдет авария.

$$\text{Авария привода} = (\text{Пр.ток} + \text{Перегр.ПЧ} + \text{Пов.Напр.})$$

Команда «Авария привода» формируется при поступлении сигналов с преобразователя частоты либо о превышении тока статора, либо о перегрузке ПЧ, либо о повышенном напряжении в звене постоянного тока

$$\text{Тех. авария} = (\overline{\text{Гот1}} + \overline{\text{Гот2}} + \overline{\text{Гот3}} + \overline{\text{ДМВых}} + \overline{\text{Дштр}} + \overline{\text{ДОгр}} + \overline{\text{ДС}^{1\text{сек.}}} + \text{ДС}_{25} + \text{ДС}_{200})$$

Команда «Технологическая авария» формируется при отсутствии хотя бы

одной готовности приводов, сигнала с датчика момента и с датчика скорости спустя 1 секунду после пуска для избегания аварии при пуске, датчика ограждения, при скорости вращения бурильной колонны меньше 25 об/мин и больше 200 об/мин, а также при отклоненных сверх нормы штопах, положение которых так же отслеживается индуктивным датчиком. Отключается командой «Сброс Аварии».

$$\text{Авария} = (\text{Авария привода} + \text{Тех. авария}) \cdot \overline{\text{Сброс Аварии}}$$

Команда «Авария» формируется при наличии сигнала «Авария привода» либо сигнала «Технологическая авария».

$$\text{Ручной1} = (\text{Руч} \cdot \text{Гот1} + \text{Ручной1}) \cdot \overline{\text{Автомат}} \cdot \overline{\text{Авария}}$$

Ручной режим для пуска масляного насоса формируется при нажатии кнопки «Руч» и наличии готовности первого преобразователя и запоминается, пока не включится режим «Автомат», или произойдет авария.

$$\text{Ручной2} = (\text{Руч} \cdot \text{Гот2} + \text{Ручной2}) \cdot \overline{\text{Автомат}} \cdot \overline{\text{Авария}}$$

Ручной режим для пуска вентилятора формируется при нажатии кнопки «Руч» и наличии готовности второго преобразователя и запоминается, пока не включится режим «Автомат», или произойдет авария.

$$\text{Ручной3} = (\text{Руч} \cdot \text{Гот3} + \text{Ручной3}) \cdot \overline{\text{Автомат}} \cdot \overline{\text{Авария}}$$

Ручной режим для пуска вентилятора формируется при нажатии кнопки «Руч» и наличии готовности третьего преобразователя и запоминается, пока не включится режим «Автомат», или произойдет авария.

3.3 Меню управления



Рисунок 3.1 – Пульт бурильщика

ПУЛЬТ ВЕРХНЕГО ПРИВОДА

АВТ

РУЧ

Рисунок 3.2 – Пульт верхнего привода

ПУЛЬТ ВЕРХНЕГО ПРИВОДА. АВТОМАТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ

ПУСК Верх.пр.

ПУСК Вентил.

ПУСК Масл.н.

СТОП Верх.пр.

СТОП Вентил.

СТОП Масл.н.

АВАРИЯ



ДИАГНОСТИКА

НАЗАД

Рисунок 3.3 – Пульт верхнего привода в автоматическом режиме

ПУЛЬТ ВЕРХНЕГО ПРИВОДА. РУЧНОЙ РЕЖИМ

МАСЛ. НАСОС

ВЕНТИЛЯТОР

АВАРИЯ



ДИАГНОСТИКА

НАЗАД

Рисунок 3.4 – Пульт верхнего привода в ручном режиме

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

ЮУрГУ-13.03.02.2017.4.13.01ПЗ

Лист

24



Рисунок 3.5 – Диагностический экран

4 ВЫБОР ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ

4.1 Выбор программируемого контроллера

Как отмечалось выше – управление от контроллера является наиболее совершенным и надежным способом управления электроприводом в настоящее время. Управление от контроллера характеризуется:

- а) расширением функциональных возможностей;
- б) надежностью системы;
- в) простотой реализации алгоритма;
- г) возможностью реализации дополнительных защит;
- д) контролем состояния и диагностирования неисправностей в системе автоматизации;
- е) регулированием технологических переменных;
- ж) программно – логическим управлением пуском, остановом и режимом работы.

С помощью контроллера решаются задачи управление несколькими электроприводами, синхронизации скоростей и положений, управления технологическими переменными.

Выбор программируемого контроллера обусловлен условиями работы верхнего силового привода и технологией процесса бурения, такими как:

- а) получая информацию от различных датчиков, установленных на буровой лебедки, в контроллере должна формироваться команда готовности к движению механизма;
- б) формирование команд движения вверх и вниз;
- в) формирование сигналов для дискретного задания скорости вращения бурильной колонны с джойстика на кресле оператора и их уставка;
- г) срабатывание блоков управления тормозами;
- д) экстренное торможение;

е) возможность передвижения груза на одном двигателе в аварийном режиме для завершения технологической операции.

Дополнительно при выборе программируемого контроллера, так же как и при выборе преобразователя необходимо руководствоваться технико – экономическими параметрами, удобством эксплуатации и масса – габаритными показателями.

Сравним несколько фирм, производящих промышленные контроллеры и на основе данных сравнений выберем подходящее нам устройство автоматического управления.

Для сравнения промышленных контроллеров воспользуемся следующими параметрами:

- а) экономические показатели;
- б) удобство программного обеспечения;
- в) совместимость с другим оборудованием;
- г) надежность работы;
- д) распространение в промышленности;
- е) наличие модулей расширения и дополнительных баз (опции).

Для сравнения рассмотрим программируемые логические контроллеры фирм:

Schneider Electric – несомненным плюсом, которого является надежность работы, но из – за больших экономических показателей не находит массового применения в промышленности.

ABB – в контроллерах данной фирмы существует проблема совместимости с некоторым оборудованием (в том числе и с «родным» при обновлении версий), что также снижает показатель его распространения в промышленности;

Siemens – плюсом контроллеров, выпускаемых данной фирмой, является:

а) их помехоустойчивость (осуществляется установкой дополнительного трансформатора на входе),

б) удобное программное обеспечение (поддерживает несколько языков программирования: релейно – контакторное, функциональные блоки, язык

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|--------------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.4.13.01ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | 27 |

мнемонических схем);

в) существует многообразие дополнительного оборудования, позволяющего осуществлять визуализацию технологического процесса, связь с другими контроллерами и преобразователями, подключение высокоскоростных счетчиков;

Omron – контроллеры широко распространены в технике благодаря оптимальным показателям цена – качество. Контроллеры обладают:

а) возможностью загрузки дополнительных баз;

б) нет проблем совместимости с другим оборудованием и сетями (*Profibus, Ethernet*, т.д.);

в) есть возможность обновления версий

г) существует ряд контроллеров, которые снабжены минимумом дополнительных функций, что делает их идеальными для применения в прикладных задачах, где необходимы большая вычислительная мощность, а требования к объему памяти и средствам ввода/вывода невысоки.

Для управления механизмом верхнего привода используем программируемый контроллер *SIMATIC S7-300* фирмы *Siemens*.

SIMATIC S7-300 – это модульный программируемый контроллер, предназначенный для построения систем автоматизации низкой и средней степени сложности.

Модульная конструкция, работа с естественным охлаждением, возможность применения структур локального и распределенного ввода-вывода, широкие коммуникационные возможности, множество функций, поддерживаемых на уровне операционной системы, удобство эксплуатации и обслуживания обеспечивают возможность получения рентабельных решений для построения систем автоматического управления в различных областях промышленного производства.

Эффективному применению контроллеров способствует возможность использования нескольких типов центральных процессоров различной производительности, наличие широкой гаммы модулей ввода-вывода

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|--------------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.4.13.01ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | 28 |

дискретных и аналоговых сигналов, функциональных модулей и коммуникационных процессоров.

Контроллеры *SIMATIC S7-300* имеют модульную конструкцию и могут включать в свой состав:

Модуль центрального процессора (*CPU*). В зависимости от степени сложности решаемой задачи в контроллерах могут быть использованы различные типы центральных процессоров, отличающихся производительностью, объемом памяти, наличием или отсутствием встроенных входов-выходов и специальных функций, количеством и видом встроенных коммуникационных интерфейсов и т.д.

Модули блоков питания (*PS*), обеспечивающие возможность питания контроллера от сети переменного тока напряжением 120/230В или от источника постоянного тока напряжением 24/48/60/110В.

Сигнальные модули (*SM*), предназначенные для ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов с различными электрическими и временными параметрами.

Коммуникационные процессоры (*CP*) для подключения к сетям *PROFIBUS*, *Industrial Ethernet*, *AS-Interface* или организации связи по *PtP (point to point)* интерфейсу.

Функциональные модули (*FM*), способные самостоятельно решать задачи автоматического регулирования, позиционирования, обработки сигналов. Функциональные модули снабжены встроенным микропроцессором и способны выполнять возложенные на них функции даже в случае отказа центрального процессора ПЛК.

Интерфейсные модули (*IM*), обеспечивающие возможность подключения к базовому блоку (стойка с *CPU*) стоек расширения ввода-вывода. Контроллеры *SIMATIC S7-300* позволяют использовать в своем составе до 32 сигнальных и функциональных модулей, а также коммуникационных процессоров, распределенных по 4 монтажным стойкам. Все модули работают с естественным охлаждением [15].

Таблица 4.1 — Характеристики контроллера *SIMATIC S7—300*.

| Параметры | Характеристика |
|--|---|
| Степень защиты | <i>IP 20</i> в соответствии с <i>IEC 529</i> |
| Диапазон рабочих температур: | |
| При горизонтальной установке | 0...60°C |
| При вертикальной установке | 0...40°C |
| Диапазон температур хранения и транспортировки | -40 ... +70°C |
| Относительная влажность | 5...95%, без конденсата (<i>RH</i> уровень сложности 2 в соответствии с <i>IEC 1131-2</i>) |
| Атмосферное давление | 795 ... 1080 ГПа |
| Изоляция: | |
| Цепи =24 В | Испытательное напряжение =500В |
| Цепи ~230 В | Испытательное напряжение ~1460В |
| Электромагнитная совместимость | Регламентируется <i>German EMC Legislation</i> . |
| Устойчивость к шумам | <i>EN 50082-2</i> , испытания по <i>IEC 801-2</i> , <i>ENV 50140</i> , <i>IEC 801-4</i> , <i>ENV 50141</i> , <i>IEC 801-5</i> |
| Наводки | <i>EN 50081-2</i> , испытания по <i>EN 55011</i> , класс А, группа 1 |

ограждения выбираем датчик типа ВК17-31-Р-25-400-инд-3В фирмы ТЕКО. Основные технические характеристики датчика приведены в таблице 4.3. Электрическая схема подключения датчика к нагрузке показана на рисунке 4.4.

В системе автоматизации верхнего силового привода датчик ограждения необходим для осуществления отключения привода при снятых ограждениях верхнего силового привода и при отклоненных сверх нормы штоках [16].

Таблица 4.3 — Характеристики датчика ВК17-31-Р-25-400-инд-3В

| Наименование характеристики | Единица измерения | Величина |
|--------------------------------|-------------------|----------|
| Номинальное напряжение питания | В | 10-30 |
| Рабочая зона чувствительности | мм | 25 |
| Максимальный ток нагрузки | мА | 250 |

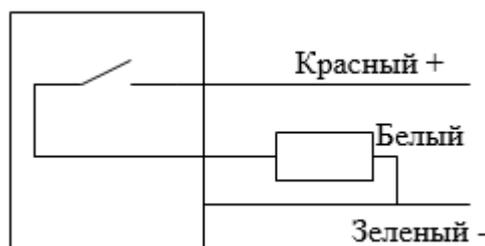


Рисунок 4.3 — Схема подключения датчика ВК17-31-Р-25-400-инд-3В

4.3 Выбор сенсорного монитора

В качестве пульта управления был выбран сенсорный монитор фирмы *SIEMENS MP 277 Touch*.

Данная многофункциональная панель является идеальной платформой для построения систем человеко-машинного интерфейса и удачно сочетает в себе лучшие черты панелей операторов, промышленных компьютеров и программируемых контроллеров. Разработка проектов многофункциональных панелей операторов *SIMATIC* выполняется в среде пакета *WinCC flexible Standard*.

Основные характеристики сенсорной панели *SIEMENS MP277 Touch* приведены в таблице 4.5

Таблица 4.4 – Основные технические характеристики сенсорной панели *SIMATIC MP 277 Touch*

| Характеристика | | Значение |
|---------------------------------|--------------------------------|--|
| Номинальное напряжение питания | | =24 В |
| Потребляемый ток | | до 1,2 А |
| Дисплей | Диагональ | 10" |
| | Разрешающая способность, точек | 640*480 |
| | Цветность | 64536 цветов |
| | Наработка на отказ | 50000 часов |
| Клавиатура | | Сенсорная |
| Микропроцессор | | <i>RISC</i> архитектура |
| Операционная система | | <i>Microsoft Windows CE 5.0</i> |
| Степень защиты | | <i>IP65</i> |
| Встроенная Flash/ RAM паямть | | 6 МБ |
| Кол-во подключаемых ПЛК | | макс. 6 (<i>S7, S5</i> по <i>DP</i> , другие) |
| Экраны/теги | | 500/ 2048 |
| Количество интерактивных языков | | 32 |
| Заказной номер | | 6AV6 643-0CD01-1AX1 |

Дополнительные возможности сенсорной панели *SIEMENS MP277 Touch*:

а) синхронизация часов панели оператора с часами программируемого контроллера *SIMATIC S7/ WinAC*;

б) вывод на принтер с *USB* или *Ethernet* интерфейсом копии экрана, сообщений, сменных отчетов.

в) в панелях серии *MP 377* кроме просмотра *html* документов поддерживается возможность просмотра документов *Microsoft Excel*, *Microsoft Word* и *Adobe Acrobat* (необходимые программы просмотра загружаются с помощью пакета *ProSave*) [17].

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|--------------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.4.13.01ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | 34 |

5 ВЫБОР ЭЛЕКТРОПРИВОДА И НАСТРОЙКА ДЛЯ РАССМАТРИВАЕМОЙ СИСТЕМЫ

5.1 Выбор типа электропривода для силового верхнего привода

Современные верхние буровой установки реализуются на регулируемых электроприводах главных технологических механизмов. Регулируемые приводы значительно повышают надежность главных технологических механизмов за счет упрощения кинематических систем передач, обеспечения плавности пуска и ограничения моментов нагрузки механизмов; позволяют резко повысить производительность буровой установки, что имеет большое экономическое значение. Высокий технико-экономический эффект достигается также за счет увеличения КПД, облегчения монтажа и транспортировки, улучшения условий труда буровиков.

Наиболее полно технологическим требованиям отвечает глубоко регулируемый электропривод постоянного тока. Поэтому электроприводы главных механизмов буровых установок, к которым относятся приводы буровых насосов, буровой лебедки и силового верхнего привода, с точки зрения глубины регулирования, предпочтительнее выполнять по системе тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока. Глубокое регулирование скорости приводов обеспечивается изменением напряжения, приложенного к якорию двигателя, и изменением тока в обмотке возбуждения двигателя.

Но использование в качестве электроприводов главных механизмов буровой установки двигателей постоянного тока влечёт за собой массу трудностей, связанных с эксплуатацией данных двигателей. Эти трудности связаны с наличием у двигателей постоянного тока коллекторного блока, который нуждается в частом обслуживании. Кроме того, наличие коллектора делает привод постоянного тока менее надёжным и безопасным, что в условиях добычи нефти весьма важно.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|--------------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.4.13.01ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | 35 |

Описанных недостатков лишён привод переменного тока с управлением от ПЧ. Поэтому, учитывая современные достижения в изготовлении преобразователей частоты (современные преобразователи частоты выпускаются на большие мощности, являются доступными и зачастую не превосходят по цене тиристорные преобразователи постоянного тока). В последнее время идет массовая замена на главных приводах (насос, лебедка, верхний привод) буровых установок системы тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока на более совершенные системы преобразователь частоты – асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором. Время развития верхних приводов и частотнорегулируемого привода совпало, поэтому на системах силового верхнего привода практически всегда используют привода переменного тока.

По сравнению с электроприводами постоянного тока электропривод переменного тока имеет следующие преимущества:

- а) надежность, простота, относительная дешевизна двигателя, не требующего постоянного обслуживания (нет коллекторного узла), что позволяет значительное снижение эксплуатационных затрат по двигателям;
- б) большая, чем у приводов постоянного тока, глубина регулирования скорости 1:1000 вместо 1:100, что позволяет наиболее точно регулировать скорость вращения ротора, тем самым лучше соблюдать технологию бурения скважин;
- в) высокий коэффициент мощности, близкий к 1. Нет необходимости применения ФКУ (фильтрокомпенсационной установки);
- г) меньшая, чем в тиристорных преобразователях, относительная величина генерируемых в сеть гармоник;
- д) высокая электрическая надежность;
- е) не критичны к качеству питающей сети даже в режимах рекуперации энергии, соответственно более стабильная работа и меньшая аварийность;
- ж) допускают большие просадки напряжения питания без отключения привода;

з) цена комплекта преобразователь частоты – асинхронный двигатель сопоставима со стоимостью тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока.

Как и у преобразователей постоянного тока, блочные конструкции преобразователей частоты характеризуют высокий уровень эргономики и ремонтпригодности, а также малое время восстановительных работ (ремонт производится в основном путем замены блоков), что является весьма существенным в связи с эксплуатацией буровых установок вдали от ремонтных баз. Важным достоинством является также унификация схем электроприводов, конструкции элементов, функциональных узлов и блоков регулирования преобразователями [2].

5.1.1 Электропривод постоянного тока

Основным преимуществом данных двигателей, которое определяло повсеместное их использование на этапе развития электрических приводов, является легкость плавного регулирования скорости в широких пределах. Но с развитием полупроводниковой промышленности и появлением относительно недорогих преобразователей частоты процент их использования постоянно уменьшается.

В нефтегазовой промышленности, там, где используются в процессе бурения двигатели постоянного тока (привода буровых насосов, лебедки, верхнего привода), они по возможности заменяются приводами на основе асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором. Основные недостатки двигателя постоянного тока (невысокая надежность, сложность обслуживания и эксплуатации) обусловлены наличием коллекторного узла. Кроме того, для питания двигателя необходим источник постоянного тока или тиристорный преобразователь переменного напряжения в постоянное. При всех своих недостатках двигателя постоянного тока обладают высоким пусковым моментом и большой перегрузочной способностью [10].

5.1.2 Синхронный привод

Основным преимуществом данных двигателей является то, что они могут работать с коэффициентом мощности $\cos\varphi = 1$, а в режиме перевозбуждения даже отдавать реактивную мощность в сеть, что благоприятно сказывается на характеристиках сети верхнего привода: увеличивается его коэффициент мощности, уменьшаются потери и падение напряжения. Кроме того, синхронные двигатели устойчивы к колебаниям сети. Максимальный момент синхронного двигателя пропорционален напряжению, при этом момент асинхронного двигателя пропорционален квадрату напряжения. Следовательно, при снижении напряжения синхронный двигатель сохраняет большую перегрузочную способность, а возможность форсировки возбуждения увеличивает надежность их работы лебедки при аварийных понижениях напряжения. Большой воздушный зазор по сравнению с асинхронным двигателем и применение постоянных магнитов делает КПД синхронных двигателей выше. Их особенностью также является постоянство скорости вращения при изменении момента нагрузки на валу.

При всех достоинствах синхронного двигателя основными недостатками, ограничивающими их применение, являются сложность конструкции, наличие возбuditеля, высокая цена, сложность пуска [10].

5.1.3 Асинхронный электропривод

По конструктивному принципу асинхронные двигатели подразделяются на двигатели с короткозамкнутым и фазным ротором. При этом большинство используемых электродвигателей являются асинхронными с короткозамкнутым ротором. Столь широкое применение обусловлено простотой их конструкции, обслуживания и эксплуатации, высокой надежностью, относительно низкой стоимостью. Недостатками таких двигателей являются большой пусковой ток, относительно малый пусковой момент, чувствительность к изменениям

параметров сети, а для плавного регулирования скорости необходим преобразователь частоты. В силу данных недостатков и больших мощностей буровых двигателей нерегулируемый привод на буровых установках не используется.

Для уменьшения пусковых токов асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором может быть использовано устройство плавного пуска или преобразователь частоты.

В настоящее время для работы главных механизмов буровой установки, таких как буровой насос, буровая лебедка и буровой ротор (верхний силовой привод), используется частотно-регулируемый привод, выполненный на основе асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором.

При использовании частотно-регулируемого привода достигается:

- а) экономия электроэнергии;
- б) плавность пуска и снижение пусковых токов;
- в) увеличение срока службы двигателя.

Как и у преобразователей постоянного тока, блочные конструкции преобразователей частоты характеризуют высокий уровень эргономики и ремонтпригодности, а также малое время восстановительных работ (ремонт производится в основном путем замены блоков), что является весьма существенным в связи с эксплуатацией буровых установок вдали от ремонтных баз. Важным достоинством является также унификация схем электроприводов, конструкции элементов, функциональных узлов и блоков регулирования преобразователями [10].

5.2 Расчет мощности системы верхнего привода

Крутящий момент от двигателя на бурильную колонну передается при помощи редуктора с передаточным числом $i_P = 3,61$. Мощность привода рассчитаем по параметрам технологического процесса:

$$P_D = \frac{M_D \cdot \omega_D}{1000}, \quad (3)$$

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|--------------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.4.13.01ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | 39 |

где M_D – момент двигателя, необходимый для данного режима работы;

ω_D – скорость двигателя для данного режима работы;

Номинальная частота вращения бурильной колонны определяется кинематикой системы верхнего привода и технологическим процессом; для имеющейся буровой установки с глубиной бурения 4500 метров она составляет, согласно ОСТ [4], не более 200 об/мин. Но, согласно технологическому процессу и условиям прочности труб, при которых они смогут выдержать напряжения кручения, при скорости максимальной скорости 200 об/мин крутящий момент должен составлять не более 30% от максимального крутящего момента. При максимальном рабочем моменте, равным 53,9 кНм, скорость вращения верхнего силового привода не должна превышать 110 об/мин.

Воспользовавшись данными верхнего силового привода для буровой установки с глубиной бурения 4500 метров, рассчитаем необходимый момент (4) и скорость (5) двигателя для данного режима работы:

$$M_D = \frac{M_{РАБ.МАКС}}{i_P} = \frac{53900}{3,61} = 14930,7 \text{ Нм}; \quad (4)$$

$$\omega_D = 2 \cdot \pi \cdot n_D = 2 \cdot \pi \cdot n_P \cdot i_P = 2 \cdot 3,14 \cdot 110 \cdot 3,61 = 2494 \text{ рад/с}; \quad (5)$$

где $M_{РАБ.МАКС}$ – максимальный рабочий момент системы верхнего привода;

n_P – скорость вращения бурильной колонны, об/мин;

i_P – передаточное число редуктора.

Воспользовавшись рассчитанными значениями момента и скорости получим:

$$P_n = \frac{14930,7 \cdot 2494}{1000 \cdot 60} = 621 \text{ кВт}.$$

Поскольку режим работы верхнего силового привода продолжительный, двигатель ротора выбирают таким образом, чтобы его номинальная мощность была несколько больше или равна мощности, вычисленной по формуле (4).

Номинальная частота вращения двигателя определяется кинематикой; для имеющейся системы верхнего привода она не должна быть больше 3000 об/мин [9].

5.3 Выбор приводного двигателя системы силового верхнего привода

Мощность приводного двигателя насоса также можно было выбрать в соответствии с ОСТ, который регламентирует, что для буровых установок с условной глубиной бурения 4500 метров, мощность системы верхнего привода должна быть не менее 630 кВт.

В качестве приводного двигателя был выбран асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором фирмы «ABB» серии *M3GP* специально предназначенный для работы в составе частотно-регулируемых приводов буровых установок во взрывозащищенном исполнении *M3GP 400LKB*.

Двигатели данного типа отличаются высоким удельным энергетическими показателями, большой перегрузочной способностью ($3,5M_{ном}$).

Таблица 5.1 – Технические характеристики двигателя *M3GP 400LKB*

| | |
|-------------------------|---------------------------|
| Мощность, кВт | 630 |
| Напряжение, В | 400 |
| Скорость, об/мин | 3000 |
| Номинальный ток, А | 1048 |
| КПД, % | 97,4 |
| Сos φ | 0,89 |
| Способ охлаждения | принудительная вентиляция |
| Рабочая температура, °С | от -45 до +40 |
| Степень защиты | <i>IP54</i> |
| Взрывозащита | <i>1EXEIIТЗ</i> |

Так же следует учитывать перегрузки двигателя где:

- а) 1,5 номинального тока в течении 2 минут в соответствии с ГОСТ 28173;
- б) 2,0 момента номинального в течении 30 секунд в горячем состоянии;
- в) 1,5 момента номинального в течении 120 секунд в горячем состоянии.

Преимущества двигателя:

- а) экономия электроэнергии благодаря высокому КПД;
- б) полная адаптация к работе в системе «двигатель – преобразователь частоты», что обеспечивает высокие параметры регулирования;
- в) для исключения протекания подшипниковых токов на двигателях со стороны обратной рабочему концу вала установлен изолированный подшипник SKF;
- г) повышение срока эксплуатации, надежности и термической перегрузочной способности благодаря применению изоляции класса нагрев стойкости F (перегрев обмотки двигателя по классу В – 80 °С [11]).

5.4 Выбор двигателей вспомогательных механизмов

Выберем двигатель для масляного насоса, для верхнего привода мощность должна быть 4 кВт [8]. Исходя из этого выбираем асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором АИР112М86. Его каталожные данные представлены в таблице 5.2

Таблица 5.2 – Характеристики двигателя АИР112М86

| | |
|-----------------|------|
| Мощность, кВт | 4 |
| Об/мин. | 1000 |
| Ток при 380В, А | 9,1 |
| КПД, % | 82 |
| Коэф. мощн. | 0,81 |
| Ip/In | 6 |
| Масса, кг | 48 |

Выберем двигатель для вентилятора приводного двигателя ротора, по техническому заданию его мощность составляет 11 кВт, исходя из этого выбираем асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором АИР160S6. Его каталожные данные представлены в таблице 5.3

Таблица 5.3 – Характеристики двигателя АИР160S6

| | |
|----------------|------|
| Мощность, кВт | 11 |
| Об/мин. | 1000 |
| Ток при 380В,А | 23 |
| КПД,% | 87 |
| Коэф.мощн. | 0,82 |
| Ип/Ин | 6,5 |

5.5 Выбор преобразователя

5.5.1 Выбор преобразователя

В настоящее время существует несколько способов регулирования скорости асинхронного двигателя.

Наиболее простой способ – реостатное регулирование скорости, но, он характеризуется малым диапазоном регулирования и низкими энергетическими показателями.

Также, сравнительно простым способом регулирования скорости асинхронного двигателя является изменение числа пар полюсов. Для него характерно отсутствие потерь (двигатель работает на естественных характеристиках), и, следовательно, высокие технико – экономические показатели. Основным его недостатком следует считать ограниченное число скоростей в заданном диапазоне регулирования и ступенчатое регулирование скорости.

В наши дни наиболее совершенной системой является система управления электроприводами переменного тока с питанием от частотного преобразователя и управлением от контроллера. Данная система позволяет изменять трехфазное напряжение на выходе до значения напряжения сети с пропорционально увеличивающейся выходной частотой до необходимого нам значения, что дает возможность управления трехфазным асинхронным двигателем с постоянным моментом до достижения номинальной частоты. Так же реализация системы управления верхним приводом на базе ПЧ – АД, позволяет обеспечить основные требования, предъявляемые к электроприводу в соответствии с технологическим процессом.

При частотном регулировании асинхронный двигатель работает при малых значениях скольжения, потери энергии оказываются небольшими, регулирование – экономичным. Преобразователи частоты, используемые в электроприводах, позволяют получать выходную частоту от долей Герц до нескольких сотен герц.

Верхний предел определяется возможной частотой коммутацией вентиля инвертора, нижний – качеством выходного напряжения или тока. В преобразователях частоты предусмотрены защиты, что позволяет упростить и удешевить схему. Недостатком данной системы является то, что с ростом диапазона регулирования коэффициент мощности уменьшается.

Исходя из всего можно остановить свой выбор на системе преобразователь частоты - асинхронный двигатель. Данная система полностью отвечает всем требованиям, предъявляемым к системе в процессе работы верхнего силового привода буровой установки.

Выбор типа преобразователей зависит от частоты питающей сети, требуемого диапазона изменения частоты на выходе преобразователя, определяемого диапазоном изменения скорости вращения двигателя, от мощности двигателя, диапазона изменения нагрузки на валу двигателя, наличия или отсутствия реверса, режимов работы двигателя.

При сетевой частоте 50 Гц и выходных частотах 25 – 12,5 Гц и ниже для любого типа привода целесообразно использовать преобразователь с непосредственной связью.

Выбор преобразователей осуществляется на основании номинальных данных предварительно выбранного двигателя:

$$U_{\text{НПЧ}} \geq U_{\text{НЛ}}; \quad (6)$$

$$I_{\text{НПЧ}} \geq I_{\text{Н1}}; \quad (7)$$

где $U_{\text{НЛ}}$, $I_{\text{Н1}}$ – соответственно номинальное линейное напряжение и фазный ток статора двигателя;

$U_{\text{НПЧ}}$, $I_{\text{НПЧ}}$ – номинальные линейное напряжение и ток нагрузки ПЧ.

Диапазон изменения выходной частоты преобразователя должен быть не менее требуемого диапазона изменения частоты питания двигателя.

Преобразователь допускает работу двигателя при номинальной скорости с двукратным током нагрузки.

Выбор преобразователя частоты играет не маловажную роль в проектировании механизма верхнего силового привода. Так как многие фирмы (*ABB, Control Techniques, Schneider Electric, Siemens* и т.д.), в настоящее время производят преобразователи частоты, необходимо при выборе руководствоваться технико – экономическими показателями данного преобразователя, так же необходимо учитывать гибкость преобразователя (возможность работы и настройки на любой двигатель), удобство эксплуатации и возможность защит и диагностики привода.

При сравнении некоторых видов преобразователей частоты ведущих фирм, можно выявить недостатки и достоинства в каждом. Как показал опрос, проведенный, среди инженеров – наладчиков преобразователь частоты *Simovert* фирмы *Siemens* несмотря на широкое применение в промышленности из – за сравнительно хорошие экономические показатели, не имеет блока ограничения регулятора скорости, вызывая трудности при наладке. Структура преобразователя представлена только в документации к нему, а не в

программном обеспечении, что так же вызывает неудобства при наладке с помощью программного обеспечения.

Преобразователи фирмы АВВ плохо совместимы с оборудованием других фирм, что ограничивает его применение в промышленности [10].

Преобразователи частоты фирмы *Schneider Electric*, как и преобразователи фирмы *Siemens* не имеют наглядной структуры в программном обеспечении.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что выбор преобразователя определяется:

а) условиями технологического процесса (преобразователь должен иметь возможность работы в заданном режиме: замкнутый или разомкнутый контур, серво-режим и т.д.);

б) интерфейсом преобразователя и программного обеспечением (доступность персоналу данного предприятия, удобство наладки и эксплуатации);

в) единообразием с остальным оборудованием данного цеха, предприятия (что исключает необходимость дополнительного обучения обслуживающего персонала).

Универсальный частотный преобразователь переменного тока *ACS800* больше всего подходит для работы верхнего силового, является простым и легким в использовании и наиболее знакомым оперативно – ремонтному персоналу цеха.

Частотные преобразователи этой серии является метод Прямого Управления Моментом – *DTC (Direct Torque Control)*. Использование принципа управления *DTC* позволяет добиться отличных показателей управления асинхронными электродвигателями на малых скоростях, в том числе при знакопеременных моментах нагрузки на валу двигателя. При этом использование датчика положения вала двигателя (энкодера) является обязательным далеко не всегда. Если же требования к качеству регулирования настолько высоки, что без датчика на валу двигателя не обойтись – *ACS800* позволяет легко и быстро подключить датчик и использовать метод управления *DTC* в системе, замкнутой по скорости

двигателя.

Особенности данного преобразователя:

- а) малые габариты;
- б) фильтр гармоник встроен во все приводы ACS800;
- в) широкая номенклатура дополнительных устройств;
- г) интерфейс, удобный для пользователя;
- д) универсальные средства подключения и связи;
- е) расширенные возможности программирования;
- ж) гальваническая развязка входов/выходов;
- з) DTC: точное динамическое и статическое регулирование скорости и крутящего момента:
 - и) DTC обеспечивает высокую перегрузочную способность и большой пусковой момент;

Выбираем ACS800-307-0790-3, номинальные данные которого представлены в таблице 5.4

Таблица 5.4 – Номинальные данные преобразователя частоты ACS800-307-0790-3

| Параметр | Единица измерения | Величина |
|-----------------------------------|-------------------|-----------------------------|
| Номинальное напряжение | В | 400 |
| Номинальный ток | А | 1143 |
| Номинальная мощность | кВт | 702 |
| Длительный ток | А | 1120 |
| Максимальный выходной ток | А | 1340 |
| Перегрузочная способность по току | - | 150% – 1мин, 180% – 6сек |
| Уровень шума | Дбл | 74 |

5.5.2 Схема соединения силовых цепей и цепей управления преобразователя частоты ACS800-307-0790-3

Прежде чем производить настройку привода, необходимо произвести правильное подключение преобразователя, его силовых цепей и цепей управления.

На рисунке 5.1 представлена схема подключения питания к ACS800.

Питание на преобразователь подается на клеммы $L1$, $L2$, $L3$. Питание двигателя идет с выхода преобразователя (клеммы $U2$, $V2$, $W2$). Заземление питания и двигателя выполняется с помощью гайки и болта М6, которые расположены на вилке между клеммами силового питания и выхода на двигатель.

Для устранения помех на входе преобразователя установлен внутренний фильтр помех.

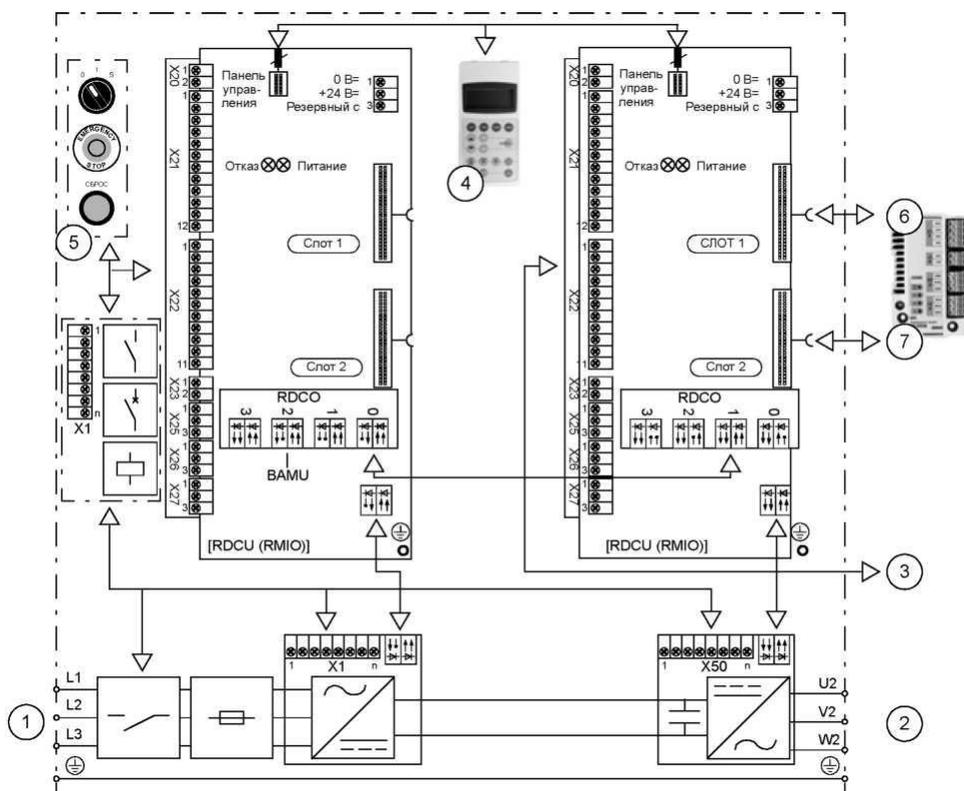


Рисунок 5.1 – Подключение силовых цепей и интерфейсы управления привода

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
| | | | | |

ЮУрГУ-13.03.02.2017.4.13.01ПЗ

Лист

48

- 1 – клеммы для подключения входного питания и защитного заземления;
- 2 – клеммы для подключения двигателя;
- 3 – клеммная колодка блока управления инвертора для заданных пользователем цифровых сигналов управления;
- 4 – панель управления;
- 5 – ключи управления: управление входным контактором/выключателем и запуск блока питания, аварийных останов, сброс и т.д;
- 6 – слот 1 на блоке управления инвертора для установки дополнительного модуля расширения ввода/вывода
- 7 – слот 2 на блоке управления инвертора для установки дополнительного модуля расширения ввода/вывода.

В приводе предусмотрена защита от перегрева и короткого замыкания как самого привода, так и выходных кабелей и кабеля двигателя, при условии что сечение кабелей соответствует номинальному току привода. Дополнительные устройства тепловой защиты не требуют.

Так же привод оснащен защитой замыканий на землю. Инверторный блок оснащен внутренней защитой замыканию на землю приводе, двигателе и кабеле двигателя.

Для обеспечения безопасности установлено устройство аварийного останова на каждом посту управления и на всех рабочих местах где это требуется [12].

5.5.3 Настройка электропривода и диагностика состояния работы верхнего силового привода

Со всеми приводами серии ACS800 используется одна и та же панель управления типа *CDP312R* (рисунок 5.2), поэтому приведенные ниже инструкции относятся к приводам ACS800 всех типов. Приведенные примеры дисплеев базируются на стандартной панели управления, дисплеи для других прикладных программ могут иметь небольшие отличия.

Обзор панели управления:

Жидкокристаллический дисплей содержит 4 строки по 20 символов в каждой.

Выбор языка дисплея осуществляется при начальном запуске (параметр 99.01).

Панель управления может работать в одном из четырех режимов:

- а) Режим отображения сигналов (клавиша *ACT*).
- б) Режим параметров (клавиша *PAR*).
- в) Режим функций (клавиша *FUNC*).
- г) Режим выбора привода (клавиша *DRIVE*).

Назначение клавиш со стрелками, клавиш с двойными стрелками и клавиши *ENTER* зависит от режима работы панели управления [12].

Для управления приводом предназначены клавиши представленные в таблице 5.5

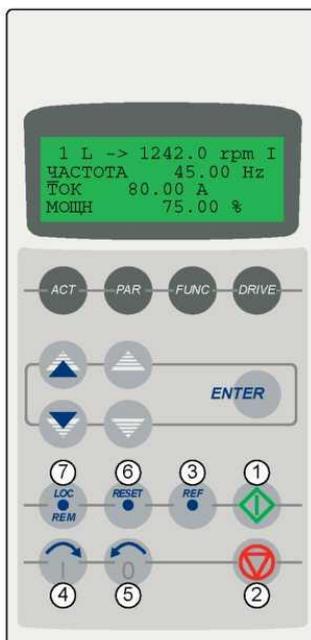


Рисунок 5.2– панель управления типа *CDP312R*

Таблица 5.5 – клавиши управления приводом

| № | Назначение |
|---|--|
| 1 | Включение |
| 2 | Выключение |
| 3 | Установка величины задания |
| 4 | Прямое направление вращения |
| 5 | Обратное направление вращения |
| 6 | Сброс отказа |
| 7 | Переключение режима управления - местное/дистанционное |

5.6 Выбор устройств плавного пуска для вспомогательных механизмов верхнего привода

Для приводов вентилятора и масляного насоса приводного двигателя верхнего привода выберем устройство плавного пуска *PSR25-600-70*.

Их данные представлены в таблице 5.6, а схема подключения изображена на рисунке 5.3.

Таблица 5.6 – Данные УПП *PSR25-600-70*

| Тип УПП | Ток, А | Напряжение, В |
|--------------|--------|---------------|
| PSR25-600-70 | 26 | 400 |

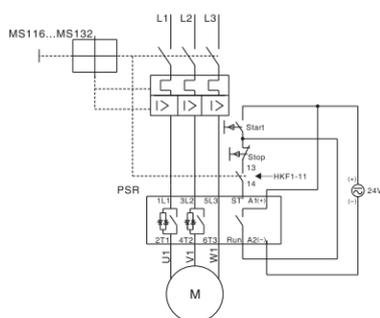


Рисунок 5.3 – Схема подключения УПП

5.7 Выбор блока питания

Блок питания БП220/220-24/24 (ЗАО НПФ «СИАНТ») предназначен для питания аппаратуры систем автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами в нефтегазодобывающей промышленности. Он может применяться для питания измерительной аппаратуры и аппаратуры автоматики в жестких условиях эксплуатации, и имеет защиту от коротких замыканий, перегрузок и обрыва нагрузки [18].

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|--------------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ЮЧрГУ-13.03.02.2017.4.13.01ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | 52 |

6 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

Адресации данных приведены в таблицах 6.1 и 6.2.

Таблица 6.1 – Выходные сигналы и команды

| Переменные | Обозначение | Адрес | Название в программе |
|------------|----------------|-------|----------------------|
| Выходные | Авария | M0.0 | Авария |
| | Масляный насос | Q0.0 | Масляный насос |
| | Вентилятор | Q0.1 | Вентилятор |
| | Верхний привод | Q0.2 | Верхний привод |
| | Авария привода | M0.7 | Авария привода |
| | Тех. авария | M0.8 | Тех. авария |

Таблица 6.2 – Выходные сигналы и команды

| Переменные | Обозначение | Адрес | Название в программе |
|------------|--------------------|-------------|---|
| Входные | Гот1...Гот3 | I0.0...I0.2 | Гот1...Гот3 |
| | ДМвых | I0.4 | ДМвых |
| | Догр | I0.5 | Догр |
| | ДС25 | I0.6 | ДС25 |
| | ДС200 | I0.7 | ДС200 |
| | ДС ^{1СЕК} | I0.8 | ДСвых. |
| | Перегр.ПЧ | I0.9 | Перегрев ПЧ |
| | Пов.Напр | I0.10 | Повышенное напряжение в зоне постоянного тока |
| | Пр.Ток | I0.11 | Превышенный ток статора |

Продолжение таблицы 6.2

| Переменные | Обозначение | Адрес | Название в программе |
|--------------------|-----------------------|--------------|-----------------------|
| | ДШТР | Ю.3 | Датчик шtroков |
| С панели оператора | Пуск Верхнего привода | М0.1 | Пуск Верхнего привода |
| | Стоп Верхнего привода | М0.2 | Стоп Верхнего привода |
| | Пуск Масляного насоса | М0.3 | Пуск Масляного насоса |
| | Стоп Масляного насоса | М0.4 | Стоп Масляного насоса |
| | Пуск Вентилятор | М0.5 | Пуск Вентилятор |
| | Стоп вентилятор | М0.6 | Стоп вентилятор |
| | Верхний привод руч | М1.1 | Верхний привод руч |
| | Масляный насос руч | М1.2 | Масляный насос руч |
| | Вентилятор руч | М1.3 | Вентилятор руч |
| | Автомат | М1.5 | Автомат |
| | Руч1 | М1.6 | Руч1 |
| | Руч2 | М1.7 | Руч2 |
| | Руч3 | М1.8 | Руч3 |
| Авт | М1.9 | Авт | |
| Сброс аварии | М2.0 | Сброс аварии | |

Ниже представлена программа на языке лестничных диаграмм.

Масляный насос

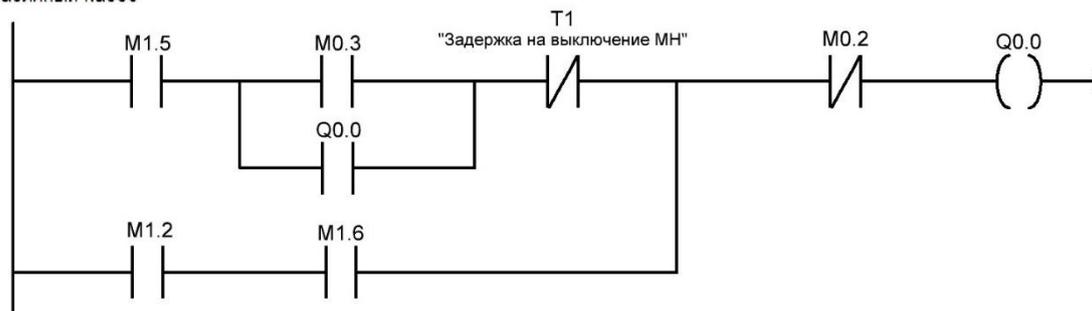


Рисунок 6.1 – Лестничные диаграммы

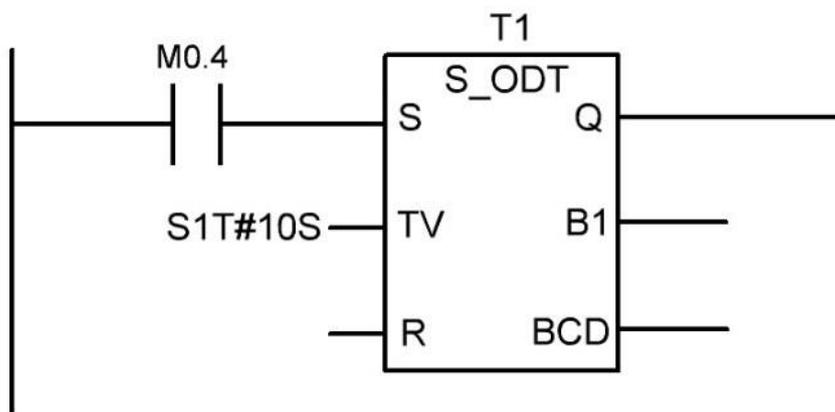


Рисунок 6.2 – Лестничные диаграммы

Вентилятор

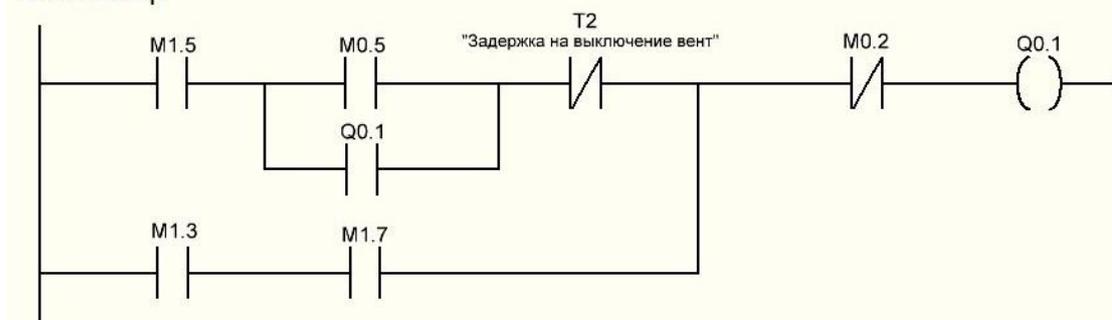


Рисунок 6.3 – Лестничные диаграммы

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
| | | | | |

ЮУрГУ-13.03.02.2017.4 13.01ПЗ

Лист

55

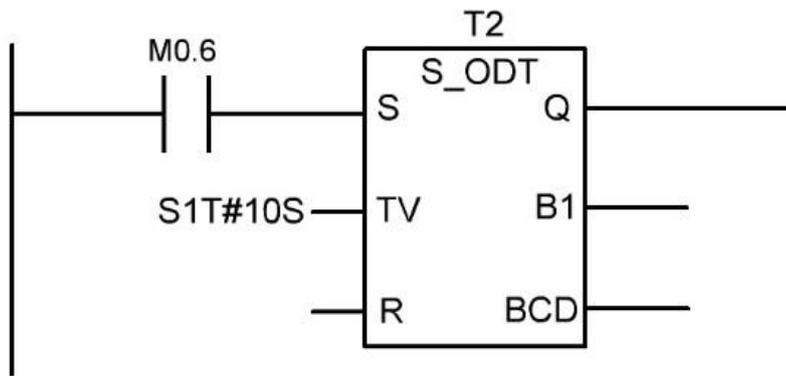


Рисунок 6.4 – Лестничные диаграммы

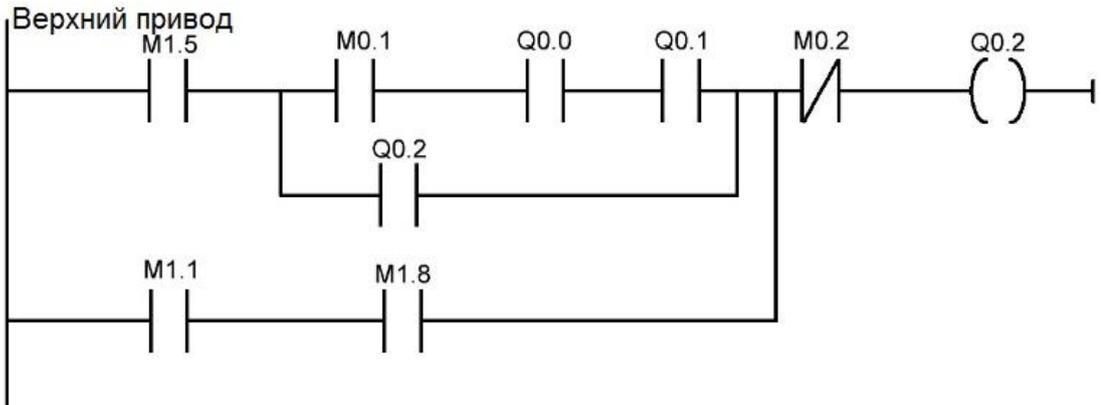


Рисунок 6.5 – Лестничные диаграммы

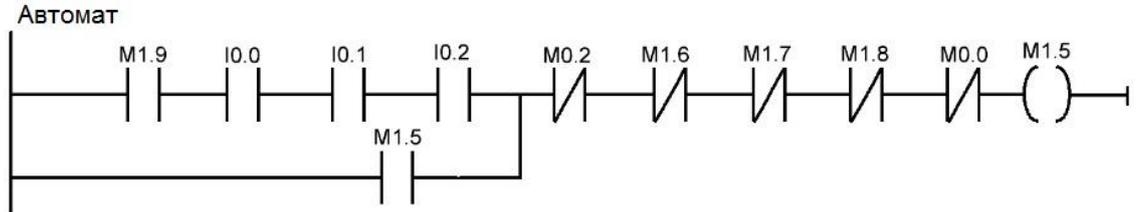


Рисунок 6.6 – Лестничные диаграммы



Рисунок 6.7 – Лестничные диаграммы

Тех. авария

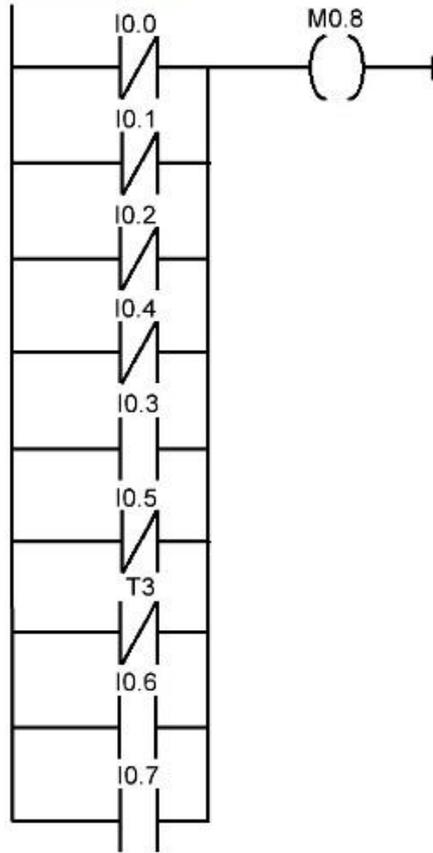


Рисунок 6.8 – Лестничные диаграммы

АВАРИЯ

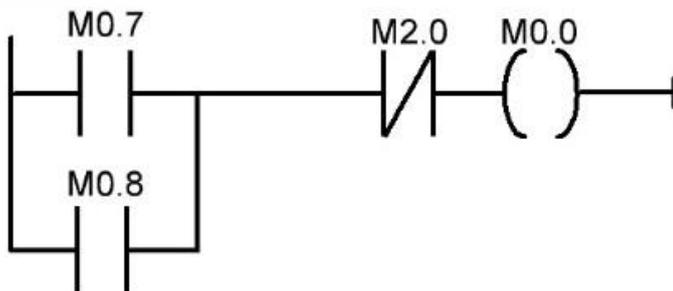


Рисунок 6.9а – Лестничные диаграммы

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

ЮУрГУ-13.03.02.2017.4.13.01ПЗ

Лист

57

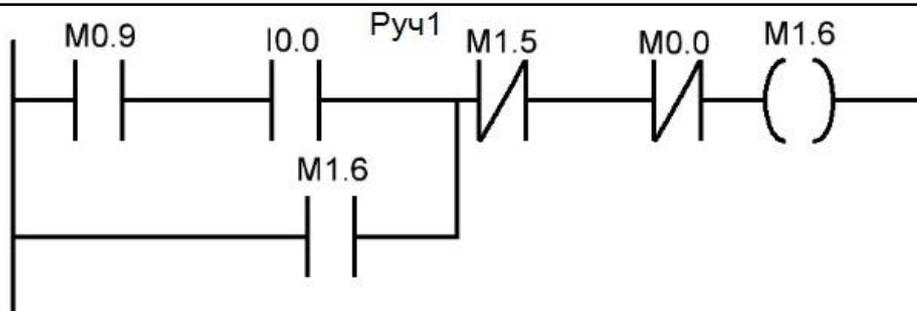


Рисунок 6.10а – Лестничные диаграммы

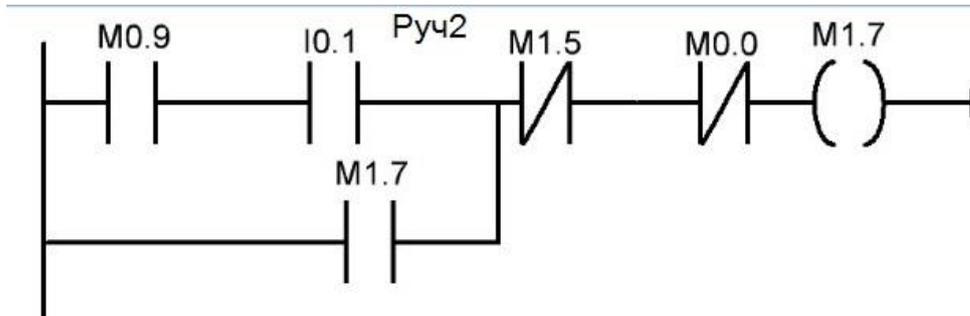


Рисунок 6.11 – Лестничные диаграммы

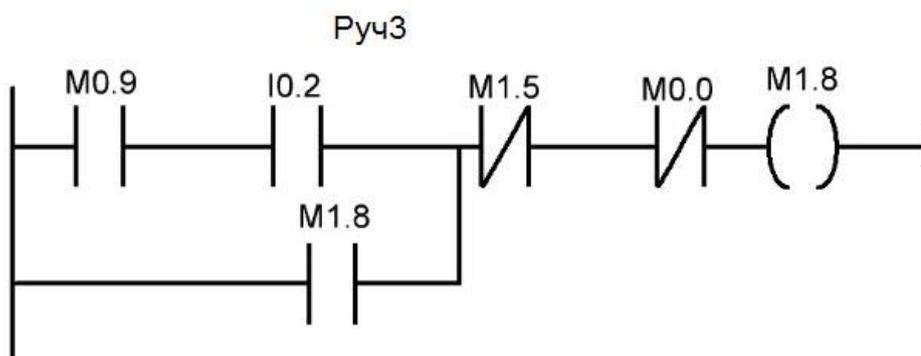


Рисунок 6.12 – Лестничные диаграммы

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
| | | | | |

ЮУрГУ-13.03.02.2017.4.13.01ПЗ

7 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

На основе описания технологического процесса, содержательного описания автоматизируемого объекта, определенных входных и выходных команд, с учетом выбора программируемого контроллера составлена схема электрическая функциональная, представленная на чертеже 413.02Э2.

Система автоматизации состоит из следующих элементов:

- панель управления;
- программируемый контроллер *SIMATIC S7-300*;
- блок питания датчиков;
- датчики технологической информации;
- система управления двигателем верхнего привода;
- система управления двигателем вентилятора;
- система управления двигателем масляного насоса;
- двигатель вентилятора;
- двигатель масляного насоса.

На функциональной схеме показана взаимосвязь отдельных элементов системы автоматизации. Основным связующим элементом является программируемый контроллер. По количеству входных и выходных сигналов определено количество модулей ввода/вывода: для дискретных выходных сигналов использован 1 модуль вывода на 16 выходов, так же использован коммуникационный модуль для подключения сенсорной панели оператора.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|--------------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.4.13.01ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | 59 |

8 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

В соответствии с функциональной схемой системы автоматизации (рисунок 9.1) и выбранной элементной базой составлена принципиальная схема, которая представлена на чертеже 413.03ЭЗ. Перечень элементов приведен в приложении 413.03.ПЭ

Автоматические выключатели QF2 – QF4 выполняют функцию защиты системы от коротких замыканий.

Блок питания БП с напряжением на выходе +24 В питает основные низковольтные элементы: бесконтактные датчики, контроллер с модулями АЗ. На схеме клеммы блоков питания указаны в соответствии с паспортными данными.

В системе используются датчики ограждения SQ1, SQ2 и датчики скорости SQ3, SQ5, SQ6, а также датчик момента SQ4. В соответствии со схемой производится подключение информационных выходов датчиков (белый) к входам модуля ввода. Двигатель переменного тока с короткозамкнутым ротором М1 управляется преобразователем частоты UZ1, двигатель М2 – устройством плавного пуска UZ2, двигатель М3 – УПП UZ3, Преобразователь частоты получают питание от сети трехфазного напряжения 690 В.

Пульт управления с сенсорной панелью А1 подключен к модулю контроллера АЗ.1 через DP порт.

Система получает питание после включения пускателя КМ1, то есть нажатия на кнопку SB1. Аварийное отключение осуществляется нажатием на кнопку SB2 в цепи пускателя. Тем самым обеспечивая защиту от самопроизвольного запуска при исчезновении и последующем появлении питания.

Управление приводами всех механизмов осуществляется через программируемый контроллер А2, в зависимости от режима работы, который включает и отключает привода в соответствии с входными сигналами и по заданной программе.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|-------------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.413.01ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | 60 |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью дипломного проекта является «Автоматизированный верхний привод буровой установки».

Данный дипломный проект был посвящен электроприводу и системе автоматизации ротора верхнего привода и вспомогательных механизмов.

В ходе исследования верхнего привода был произведен качественный выбор системы электропривода и был выбран асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором типа *M3GP 400LKB*, который полностью удовлетворяет всем требованиям предъявляемым к верхним приводам буровых установок.

В качестве объекта управления был выбран преобразователь частоты *ABB ACS800*, больше всего подходит для работы на буровой установке. Является простым и легким в использовании и наиболее знакомым оперативно-ремонтному персоналу цеха.

Для автоматизации технологических процессов был выбран программируемый контроллер *SIMATIC S7 – 300*. Написан алгоритм управления объектом.

Был произведен выбор вспомогательного оборудования для управления электроприводом и системы автоматизации, что улучшает работу верхнего привода.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|--------------------------------------|-------------|
| | | | | | <i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.4.13.01ПЗ</i> | <i>Лист</i> |
| | | | | | | 61 |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | |

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Общие сведения и конструкция СВП. – http://elib.sfu-kras.ru/bitstream/handle/2311/29651/bakalavrskaya_rabota._razrabotka_sistem_verhnego_privoda_vrashcheniya_tehnologicheskoy_mashiny_burovogo_stava (дата обращения: 19.05.2017).
- 2 Вадецкий Ю.В. Бурение нефтяных и газовых скважин: учебник для вузов / Ю.В. Вадецкий, Г.А. Калинин, В.С. Петров. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 544 с.
- 3 Требования к электроприводам буровых установок. – http://portal.tpu.ru/files/departments/publish/samohvalov_montazh_i_expluatatsiya_zac.pdf. (дата обращения: 10.05.2017).
- 4 ОСТ 26-02-807 – 73 Основные параметры буровых остановок.
- 5 Блантер С.Г. Электрооборудование для нефтяной и газовой промышленности: учебник для вузов / Блантер С.Г., Суд И.И., – 2-е изд., перераб. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. - 478 с.
- 6 Требования к АСУ буровой установки. – <http://www.findpatent.ru/patent/232/2321717.html> (дата обращения: 14.05.2017)
- 7 Драчев Г.И. Теория электропривода. Примеры расчетов: Учебное пособие для студентов / Г.И. Драчев, А.Н. Шишков, С.М. Бутаков. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – 133 с.
- 8 Вспомогательное оборудование буровых установок. – http://neftegaz.ru/tech_library/view/4058-Burovaya-ustanovka (дата обращения: 12.05.2017)
- 9 Миронов Ю.В. Расчет и конструирование бурового оборудования: Учебное пособие для вузов / Ю.В. Миронов, А.Г. Чернобыльский – 2-е изд., перераб. – М.: Издательский центр «Недра», 2005. – 425 с.
- 10 Режим работы электродвигателя. – http://www.ges.ru/book/book_bemz_air/10.htm. (дата обращения: 20.05.17)

- 11 Буровые двигатели. –
<http://www.abb.ru/product/seitp322/46e2ffa8edda43a7c1257919002a002f.aspx>
 (дата обращения: 05.05.2017)
- 12 Электропривод переменного тока АBB ACS с панельным монтажом. –
<http://new.abb.com/drives/low-voltage-ac/industrial-drives/industrial-ac800-series/acs800-single-drives> (дата обращения: 06.05.2017)
- 13 Единая система стандартов автоматизированных систем управления. –
<http://docs.cntd.ru/document/1200008639>. (дата обращения: 08.05.2017)
- 14 Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Автоматизированные системы управления. Общие требования. –
https://znaytovar.ru/gost/2/GOST_2410485_Edinaya_sistema_s.html. (дата обращения: 19.05.2017)
- 15 S7-300 Программируемый контроллер. – <https://www.siemens-pro.ru/components/s7-300.htm> (дата обращения: 15.05.2017)
- 16 Датчик ограждения одноблочный. – <http://glavavtomatika.com/dog1.html>
 (дата обращения: 16.05.2017)
- 17 Стационарные панели операторов SIMATIC HMI Comfort (6AV2124-0GC01-0AX0). – https://www.siemens-pro.ru/hmi/hmi_comfort_panel/6AV2124-0GC01-0AX0.html. (дата обращения: 13.05.2017)
- 18 Одноканальные блоки питания СИАНТ. Техническая документация. –
<http://www.siant.ru/katalog-oborudovaniya.html> (дата обращения: 27.04.2017).
- 19 Драчев Г.И. Теория электропривода: Учебное пособие к курсовому и дипломному проектированию / Г.И. Драчев – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2012. – 168 с.
- 20 Белов М.П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: Учебник для вузов / М.П. Белов, В.А. Новиков, Л.Н. Рассудов. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 576 с.