

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(национальный исследовательский университет)
Факультет «Энергетический»
Кафедра «Электропривод и автоматизация промышленных установок»

ПРОЕКТ ПРОВЕРЕН

Рецензент

“ ” _____ 2016г.

Тема: Реконструкция электропривода механизмов буровой установки

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой, д.т.н.,
профессор

Л.И. Цытович /Л.И. Цытович/

“ 23 ” июня 2016 г.

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К ВЫПУСКНОМУ
КВАЛИФИКАЦИОННОМУ ПРОЕКТУ**

ЮУрГУ-140400.2016.125.01. ВКП

Консультанты:

“ ” _____ 2016 г.

“ ” _____ 2016 г.

“ ” _____ 2016 г.

Руководитель проекта:

М.М. Журавлев

“ 25 ” июля 2016

Автор проекта
студент группы ЭР-544

Чашкина М.А.

Нормоконтролер

Т.А. Ручка

“ 23 ” июня 2016 г.

Челябинск
2016 г.

ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет Заочный инженерно-экономический
Специальность Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

Селиф
"23" июня 2016 г.

ЗАДАНИЕ

к выпускному квалификационному проекту (работе) студента

Чайкина Марина Александровна
(фамилия, имя, отчество)

1. Тема проекта (работы)

Рекомендации электропривода механизма
подъема буровой установки

утверждена приказом по университету от "15" апреля 2016 г. № 661

2. Срок сдачи студентом законченного проекта (работы) 24 июня 2016 г.

3. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

- Введение
- 1 Описание технологического процесса
 - 2 Качественный выбор системы электропривода
 - 3 Обоснование выбора рода тока и типа электропривода
 - 4 Расчет мощности привода и обёртки
 - 5 Выбор электродвигателя буровой обёртки
 - 6 Выбор и описание регулируемого преобразователя
 - 7 Выбор силовых элементов и преобразователя по мощности и производительности
 - 8 Выбор программируемого контроллера

9. Выбор вспомогательного электрооборудования для управления электроприводом и система автоматизации.
10. Описание функциональной схемы привода мотобки.
11. Требования и разработка алгоритма автоматизации мотобки.
12. Разработка электрической принципиальной схемы.
13. Безопасность жизнедеятельности.
14. Экономический раздел.
15. Заключение.
16. Библиографический список.

4. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Внешний вид и диаграмма работы буровой установки.
2. Технические данные буровой установки БУ 4500/240 ЭК-514.
3. Главная грузоподъемная характеристика.
4. Технические данные двигателя.
5. Технические характеристики преобразователя частоты и панели управления СДР 32R.
6. Подключение силовых цепей и интерфейса управления ПЧ.
7. Схема подключения управляющих цепей ПЧ.
8. Программа на языке LAD для ПЛК.
9. Схема электрическая принципиальная.
10. Схема электрическая принципиальная цепи управления.
11. Схема функциональная.
12. Экономический расчет.

Зав. кафедрой С.И.Иванов / Иванов А.И.
 Руководитель проекта А.И.Иванов / Иванов А.И.
 Студент-дипломник И.И.Иванов / Иванов А.И.

АННОТАЦИЯ

Чашихина М.А. Электропривод механизма подъема лебедки буровой установки – Челябинск: ЮУрГУ, Э, 2016 г., 125 с., 12 ил., табл., библиографический список – 19 наим.

В ходе дипломного проектирования был реконструирован электропривод механизма подъема лебедки буровой установки БУ 4500.

Выбрано электрооборудование системы управления электроприводом, включающее в себя асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, типа *AFD—432 LB*; преобразователь частоты *ACS800-07-1500-7*, программируемый логический контроллер *SimaticS7 — 300* фирмы *Siemens*, силовое и вспомогательное оборудование. Разработана электрическая принципиальная схема механизма подъема лебедки буровой установки.

В дипломном проекте приведены вопросы безопасности жизнедеятельности, в которых рассмотрели показатели надежности и безопасности при эксплуатации реконструированной установки.

В экономической части дипломного проекта выполнен расчет затрат на проектирование и монтаж электропривод механизма подъема лебедки буровой установки. Был определен срок окупаемости, который составил 2 года и 8 месяцев.

| | | | | |
|---|------|---------------|---------|----------|
| ЮУрГУ-140400.2016.125.01ПЗ | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
| Разраб. | | Чашихина М.А. | | 23.06.16 |
| Провер. | | Журавлев А.М. | | 23.06.16 |
| Реценз | | | | |
| Н. Контр. | | Функ Т.А. | | 23.06.16 |
| Утверд. | | Цытович Л.И. | | 23.06.16 |
| Электропривод и автоматизация насосной станции пожаротушения цеха №3 ОАО «ЧТПЗ» | | | | |
| | | Лит. | Лист | Листов |
| | | | 4 | |
| ЮУрГУ Кафедра «ЭПА» | | | | |

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

| | |
|-------|---|
| 1 | ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА _____ |
| 1.1 | Технические характеристики буровой установки БУ 4500/270 ЭК её буровой лебедки _____ |
| 1.2 | Назначение буровой лебедки _____ |
| 1.3 | Технические характеристики лебедки в соответствии с требованиями технического задания _____ |
| 1.4 | Требования, предъявляемые к электроприводу лебедки _____ |
| 1.5 | Диаграмма работы буровой установки _____ |
| 2 | КАЧЕСТВЕННЫЙ ВЫБОР СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА _____ |
| 2.1 | Выбор типа электропривода _____ |
| 2.2 | Электропривод постоянного тока _____ |
| 2.3 | Синхронный привод _____ |
| 2.4 | Привод переменного тока _____ |
| 2.5 | Описание режима работы механизма буровой лебедки _____ |
| 3 | ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА РОДА ТОКА И ТИПА ЭЛЕКТРОПРИВОДА |
| 3.1 | Расчет скоростей _____ |
| 3.2 | Расчет диаметров барабана _____ |
| 3.3 | Скорость вращения привода лебедки _____ |
| 3.4 | Расчет статических нагрузок _____ |
| 3.4.1 | Натяжение ведущей ветви талевого каната _____ |
| 3.4.2 | Приведенные статические моменты к валу двигателя _____ |
| 3.5 | Приведение моментов инерции к валу двигателя _____ |

| | | | | | | | | |
|-----------------------|------|----------|---------|------|---|---------------------------------------|------|---------|
| 140400.2016.125.00 ПЗ | | | | | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | Электропривод механизма подъема лебедки буровой установки | Лит. | Лист | Листов |
| Разраб. | | | | | | Д | 5 | Ошибки! |
| Провер. | | | | | | ФГБОУ ВПО «ЮрГУ» (НИУ) Кафедра ЭАП | | |
| Реценз. | | | | | | | | |
| Н. Контр. | | | | | | | | |
| Утверд. | | | | | | | | |

- 3.6 Расчет необходимых ускорений _____
- 3.7 Расчет динамических нагрузок _____
- 3.8 Пуск и торможение в системе _____
- 4 РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ПРИВОДА ЛЕБЕДКИ _____
- 5 ВЫБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ БУРОВОЙ ЛЕБЕДКИ _____
- 6 ВЫБОР И ОПИСАНИЕ РЕГУЛИРУЕМОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ _____
- 6.1 Выбор преобразователя _____
- 6.2 Схема соединения силовых цепей и цепей управления преобразователя частоты *ACS800 -07 — 1500 - 7* _____
- 6.3 Настройка электропривода и диагностика состояния работы _____
- 6.4 Стандартная последовательность задач _____
- 7 ПРОВЕРКА ВЫБРАННОГО ДВИГАТЕЛЯ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПО НАГРЕВУ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ _____
- 7.1 Проверка двигателя по производительности _____
- 7.2 Проверка преобразователя по производительности и нагреву _____
- 7.3 Проверка ПЧ - АД по производительности _____
- 7.4 Естественная характеристика двигателя _____
- 7.5 Рабочие характеристики привода лебедки _____
- 8 ВЫБОР ПРОГРАММИРУЕМОГО КОНТРОЛЛЕРА _____
- 8.1 Задачи, предъявляемые к контроллеру _____
- 8.2 Сравнение промышленных контроллеров _____
- 8.3 Описание и характеристика контроллера *SIMATIC S7-300* _____
- 9 ВЫБОР ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ _____
- 10 ОПИСАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ ПРИВОДА ЛЕБЕДКИ _____

| | | | | | | | |
|-----------|------|----------|---------|------|---|------|---------|
| | | | | | 140400.2016.125.00 ПЗ | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | |
| Разраб. | | | | | Лит. | Лист | Листов |
| Провер. | | | | | Д | 6 | Ошибки! |
| Реценз. | | | | | ФГБОУ ВПО «ЮрГУ» (НИУ) Кафедра ЭАП | | |
| Н. Контр. | | | | | | | |
| Утверд. | | | | | | | |
| | | | | | Электропривод механизма подъема лебедки буровой установки | | |

11 ТРЕБОВАНИЯ И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АВТОМАТИЗАЦИИ
БУРОВОЙ ЛЕБЕДКИ _____

11.1 Требования к автоматизации буровой лебедки _____

11.2 Разработка алгоритма автоматизации буровой лебедки _____

12 РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ _____

13 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ _____

14 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ _____

ЗАКЛЮЧЕНИЕ _____

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК _____

ПРИЛОЖЕНИЕ А. СПИСОК СОРАЩЕНИЙ

ПРИЛОЖЕНИЕ В. ПЕРЕЧЕНЬ ЭЛЕМЕНТОВ

ПРИЛОЖЕНИЕ С. ПЕРЕЧЕНЬ ГРАФИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

| | | | | | | | |
|-----------|------|----------|---------|------|---------------------------------------|------|---------|
| | | | | | 140400.2016.125.00 ПЗ | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | |
| Разраб. | | | | | Лит. | Лист | Листов |
| Провер. | | | | | Д | 7 | Ошибки! |
| Реценз. | | | | | ФГБОУ ВПО «ЮрГУ» (НИУ) Кафедра ЭАП | | |
| Н. Контр. | | | | | | | |
| Утверд. | | | | | | | |

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время нефтегазовая промышленность, а особенно электробурение, являются весьма энергоемкими отраслями, причем основной объем электроэнергии потребляют привод буровых насосов и лебедок. Значительный рост стоимости электроэнергии, получаемой от источников централизованного электроснабжения, и стоимости линий электропередачи, а также наметившиеся тенденции перехода к автономному энергоснабжению с источниками ограниченной установленной мощности выводят на первый план задачи энергосбережения.

При бурении в нефтяной и газовой промышленности эти задачи успешно решаются применением регулируемого электропривода.

Основные механизмы буровой установки должны быть оснащено частотно-регулируемыми приводами и современными системами автоматического регулирования (САР), которые вместе с системой автоматического управления (АСУ) позволяют установке наиболее полно соответствовать современным требованиям технологии бурения.

В данном дипломном проекте я произвожу замену релейно - контакторной системы на систему ПЧ -АД, так как релейно-контакторные системы управления, несмотря на их широкое распространение, обладают существенными недостатками, обусловленными в первую очередь тем, что аппараты управления имеют движущиеся части и подвижные замыкающие и размыкающие контакты. Контакты и подвижные части довольно быстро изнашиваются, что приводит к нарушению соединения между контактами и выходу из строя некоторых аппаратов и всей схемы управления. Особенно сильно недостатки релейно-контакторных систем проявляются при автоматизации сложных технологических процессов, поточных линий и т. п., где используются сотни, а иногда и тысячи контакторов, реле, путевых выключателей и др. Вероятность нарушения контактов становится весьма существенной и работа системы — ненадежной.

Частотно - регулируемый привод состоит из электродвигателя и преобразователя частоты. Двигатель приводит в движение исполнительные агрегаты технологического механизма, преобразуя электрическую энергию в механическую. Наиболее часто в состав электропривода буровых установок входит асинхронный электродвигатель. Основным недостатком асинхронного двигателя является сложность регулирования его скорости вращения. Для плавного регулирования скорости вращения необходимо изменение частоты источника питания. Эту функцию выполняет специальное электронное устройство - преобразователь частоты.

Частотно - регулируемый привод является основой энергосберегающих систем и применяется там, где технологический процесс требует изменения скорости вращения механизмов в широком диапазоне, поддержание стабильности параметров, обеспечения синхронной работы нескольких приводов. Частотно - регулируемый привод, обладая высокими динамическими характеристиками, легко встраивается в современные системы автоматизации и контроля. Частотное регулирование эффективно применяется на буровых установках.

Буровая установка состоит из следующих элементов:

- а) комплекта спуско - подъемного оборудования (вышка, лебедка, талевая система);
- б) оборудование для обращения бурильной колонны (ротор, вертлюг);
- в) комплекта оборудования и емкостей для промывания буровых скважин; (буровые насосы, блок очистки промывальной жидкости, промежуточные емкости, приемочные емкости буровых насосов);
- г) силовые привода (двигатели внутреннего сгорания, электродвигатели и др.);
- д) блока приготавливания промывальной жидкости.

Данный дипломный проект посвящен модернизации электропривода буровой лебедки БУ 4500/270 ЭК-БМ, поэтому все соотношения и расчеты далее по тексту посвящены только электроприводу лебедки.

Исходя из назначения, функций и условий эксплуатации к буровым лебедкам предъявляют следующие требования:

- а) кинематическая схема лебедки и выбранные соотношения скоростей должны обеспечивать наиболее рациональное использование установленной мощности привода. При этом коэффициент полезного действия агрегата в целом должен иметь высокое значение;
- б) для подъема ненагруженного элеватора в каждой лебедке необходимо предусмотреть независимую повышенную скорость на подъемном валу;
- в) тормозная система должна быть надежной в эксплуатации. Каждую лебедку следует оснащать двойной тормозной системой;
- г) необходимо, чтобы скорости лебедки включались при помощи муфт фрикционного типа оперативно, легко и плавно;
- д) для подъема ненагруженного устройства лебедки должны иметь независимую повышенную скорость. Переключение с любой из скоростей на повышенную скорость «холостого» подъема должно происходить быстро, легко и плавно, что достигается установкой двойной цепной передачи для привода подъемного вала. Поочередное включение одной из этих передач производится с помощью оперативных фрикционных муфт, которыми управляют с пульта буровщика. В процессе подъема колонн переменной массы скорости в коробке передач переключаются периодически. Большинство лебедок не имеет оперативного управления скоростями;
- е) лебедки должны иметь достаточно мощный привод и надежную тормозную систему для поглощения энергии спуска колонн, так как буровая колонна из скважины поднимается при больших затратах мощности, а спускается под действием собственного веса. В процессе подъема буровой колонны ее вес (нагрузка на крюке) постепенно уменьшается и соответственно снижается затрата мощности привода. Для увеличения степени загрузки двигателей привода рационально повышать скорость подъема колонны. Таким образом, с целью обеспечения высокого коэффициента использования мощности привода лебедки должны быть многоскоростными. Так же планируется изучение оценок экономических показателей предложенной системы и проверка удовлетворения требованиям безопасности и экологичности проекта.

1. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

1.1 Технические характеристики буровой установки БУ 4500/270 ЭК-БМ и её буровой лебедки

Учитывая то, что наш дипломный проект посвящен реконструкции электропривода механизма подъема лебедки буровой установки, то ниже будем рассматривать только этот механизм.

Буровая лебедка - это основной агрегат спуско-подъемного комплекса буровой установки. Она предназначена в основном для создания тягового или тормозного усилия в ведущей ветви талевого каната. Лебедка необходима для подъема и спуска бурильной колонны, ненагруженного объекта, спуска обсадных колонн, удержания на весу неподвижной колонны или медленного ее опускания при подаче долота на забой в процессе бурения или расширения скважины. Катушечный вал и пневмораскрепитель лебедки часто используют для свинчивания и развинчивания резьбовых соединений бурильных и обсадных труб. Лебедка применяется для подтаскивания, и подъема труб, грунтоносок и других грузов, а также при монтаже буровых вышек и оборудования на них.

По конструкции буровые лебедки делятся на две группы:

Двух или трёхвальные (У2 - 5 - 5иУ2- 2-11). Расшифровка обозначений: У - завод Уралмаш; первая цифра - номер агрегата; вторая цифра - число скоростей лебедки (для У2-5 с учётом скоростей коробки скоростей, а для У2 - 2 с учётом только скоростей лебедки без коробки скоростей); третья цифра - номер модели в хронологической порядке проектирования.

Одновальные с коробкой переменных передач (ЛБУ-750, ЛБУ-900, ЛБУ-1700). Расшифровка обозначений: ЛБ - лебедка буровая; У - завод Уралмаш; 750, 1100, 1700 - мощность на барабане в лошадиных силах.

Буровые лебедки первой группы состоят из сварной рамы, на которой смонтирован подшипник качения, подъёмный вал с барабаном для навивки та-

левого каната, промежуточные и трансмиссионные валы. Все валы кинематически связаны между собой цепными передачами, которые передают им крутящие моменты и используются для регулирования частоты вращения валов. На промежуточном валу, кроме звёздочек цепной передачи, в ряде случаев установлены специальные катушки для проведения работы по подтаскиванию грузов, навинчиванию и развинчиванию труб, при спуско-подъёмных операциях. Такие валы называются катушечными. В одно и двухвальных лебёдках катушки не устанавливаются, а для выполнения работ по подтаскиванию грузов и свинчиванию труб используют вспомогательные лебёдки и пневмораскрепители. Рама лебёдки закрыта предохранительными щитами.

Подъёмный вал лебёдки оборудуется двумя видами тормозов - ленточным с ручным и пневматическим управлением (расположенными на тормозных шкивах барабана лебёдки) и гидравлическим или электрическим (соединённым через муфту с подъёмным валом).

Ленточные тормоза служат для удержания колонны труб навесу, регулирования скорости спуска и полного торможения, а также для подачи долота на забой при бурении скважин. Гидравлические или электрические тормоза нужны для замедления спуска колонны и облегчения работы на ленточном тормозе.

Для обеспечения равномерной подачи долота на забой все современные конструкции лебёдок оснащаются автоматами АПД или регуляторами РПД подачи долота, которые соединяются цепными передачами с подъёмным валом и во время бурения включаются с цепными кулачковыми муфтами. Лебёдки снабжены специальной трансмиссией для вращения ротора.

В данном дипломном проекте рассматривается буровая лебедка типа ЛБУ 900 ЭТ-3.

Буровые лебедки серии ЭТ - это современный размерный ряд лебедок грузоподъемностью от 200 до 500 тонн — обеспечивают эффективность спуско-подъёмных операций и бурения. Весь размерный ряд лебедок имеет единую кинематическую схему и конструкцию [12].

Лебедки просты по устройству и компактны. Их масса значительно меньше по сравнению с традиционными лебедками с цепной трансмиссией.

Конструктивные особенности буровых лебедок серии ЭТ:

- а) рама и корпус зубчатой трансмиссии - одно целое;
- б) подъемный вал лебедки является выходным валом зубчатой трансмиссии;
- в) торможение лебедки - основным приводным двигателем;
- г) двух- и односкоростная трансмиссия;
- д) дисковый тормоз из двух дисков для фиксации барабана в неподвижном состоянии;
- е) две системы управления тормозом - рабочая и аварийная;
- ж) барабан с нарезкой под канат (защитные реборды с кольцевыми накладками из износостойкой стали);
- з) простота устройства;
- и) компактность;
- к) отсутствие в конструкции традиционных конструктивных элементов (цепной передачи, шинно - пневматических муфт, электромагнитного и гидродинамического тормозов, ленточного тормоза, рукоятки управления тормозом);
- л) дистанционное управление.

Преимущества буровых лебедок серии ЭТ:

- а) значительно меньшая масса по сравнению с лебедками с цепной трансмиссией;
- б) «тихая» и «быстрая» скорости на подъемном валу за счет зубчатой трансмиссии;
- в) «быстрая» скорость - для подъема и спуска буровой колонны и порожнего элеватора,
- г) «тихая» скорость для работы с обсадной колонной и ликвидации аварий;
- д) многофункциональный привод;
- е) подъем и регулируемый спуск буровых и обсадных колонн, порожнего элеватора до полной остановки и удержания в неподвижном состоянии;

- ж) егулируемая подача долота на забой в режиме регулятора подачи долота;
- з) герметичность корпуса трансмиссии за счет уплотнений особой конструкции (без манжет).

На рисунке 1 представлен внешний вид комплекса буровой установки БУ 4500 270 ЭК-БМ

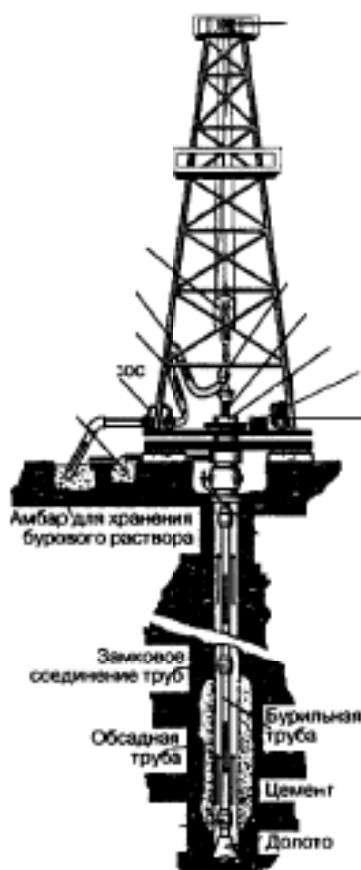
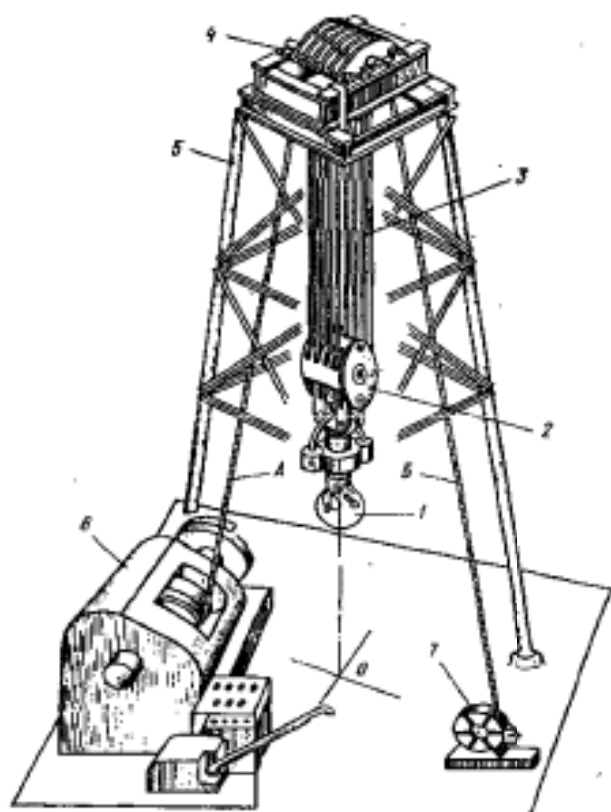


Рисунок 1 - Внешний вид комплекса буровой установки

1.2 Назначение буровой лебедки

С помощью буровых лебедок и талевого и механизма спускают, поднимают и удерживают навесу бурильную колонну, обсадные трубы и многие другие инструменты при бурении и креплении скважин, а так же производят различные вспомогательные работы. К таким работам относят вид работы такие как подъем и опускание вышки, замена оборудования на вышечном основании и многое другое [12].

На рисунке 2 представлен внешний вид комплекса подъема.



1 - крюк; 2 - талевый блок; 3 - несущие струны, 4 - кранблок;
5 - вышка; 6 - лебедка; 7 - приспособление для крепления
конца неподвижной струны; А - ведущая струна каната;
Б - неподвижная струна каната; О - ось скважины.

Рисунок 2 - Внешний вид комплекса подъема

При подъеме вращательное движение, сообщаемое лебедке от привода, посредством талевого каната преобразуется в поступательное движение талевого каната. На который с помощью крюка в основном зацепляется, либо элеватор для захвата бурильной трубы, либо вертлюг для подвода через гибкий шланг бурильного раствора КТБ.

Талевый канат на барабан лебедки навивается и свивается с различными скоростями. Скорость движения ведущей ветви талевого каната зависит от скорости движения крюка и числа и числа струн в оснастке талевой системе. В данном дипломном проекте оснастка равна 10. Скорость крюка при подъеме колонны

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

140400.2016.125.00 ПЗ

Лист

15

наибольшего веса обычно составляет 0,3-0,5 м/с, а скорость подъема ненагруженного элеватора составляет 1,7-2 м/с. Более высокие скорости подъема резко ухудшают условия намотки и укладки каната на барабане лебедки и не дают существенного выигрыша во времени. Наибольшая скорость спуска буровой колонны не превышает 3 м/с, а наименьшая при расхаживании колонн может уменьшаться до 0,1-0,2 м/с

1.3 Технические характеристики лебедки в соответствии с требованиями технического задания

Буровая лебедка ЛБУ-900 является основным механизмом спускоподъемного комплекса буровой установки [17]. Основная функция лебедки - наматывание на барабан, сматывание с барабана и стопорение ведущей струны талевого каната при выполнении следующих операций технологического процесса строительства скважин:

- а) спуск и подъем бурового инструмента;
- б) спуск обсадной трубы;
- в) подача инструмента на забой;
- г) передача вращения ротору;
- д) подъем и опускание вышки;
- е) аварийный подъем инструмента.

Лебедки монтируют на уровне пола буровой или под полом. Каждый из этих способов имеет свои преимущества и недостатки. При установке над полом буровой имеется свободный доступ ко всем узлам лебедки для их обслуживания и ремонта. Свободный доступ к катушечному валу исключает необходимость монтажа вспомогательной лебедки. Упрощается конструкция привода ротора от лебедки. При установке под полом буровой значительно уменьшаются высота и масса блочного основания, существенно снижается трудоемкость ее монтажа и демонтажа, что имеет немаловажное значение для сокращения сроков строительства буровых.

Буровая лебедка состоит из жесткой сварной металлической рамы, на которой смонтированы на подшипниках качения подъемный вал с барабаном для намотки талевого каната, катушечный и трансмиссионный валы. Все валы кинематически связаны между собой цепными передачами, которые передают им крутящие моменты от коробки скоростей и используются для регулирования частоты вращения валов. Лебедки кинематически связаны с коробками скоростей и двигателями привода цепной или карданной передачей.

Буровая лебедка имеет два привода - основной и резервный.

Лебедка с ее электроприводом используется только для подъема и опускания бурильных труб, причем приводные двигатели служат как для подъема труб, так и для торможения при опускании, то есть привод лебедки должен быть управляемым во всех четырех квадрантах механической характеристики. Кроме того, лебедка имеет вспомогательный привод (электропривод регулятора подачи долота.)

Двигатель основного привода соединяется с барабаном лебедки ЛБУ 900 ЭТ-3 через двухскоростную зубчатую коробку передач КП с понижающими передаточными отношениями: «быстрой» и «тихой» передачи.

Передаточное отношение талевой системы - 10. Переключение передач в трансмиссии - дистанционное, с помощью пневмоцилиндра. На промежуточном валу коробки передач расположен дисково-колодочный тормоз с двумя рабочими и двумя аварийными тормозными зажимами. Привод рабочих зажимов пневматический, привод аварийных зажимов пневмомеханический. Переключение передач коробки передач лебедки производится зубчатой муфтой с приводом от пневмоцилиндра. Управление пневмоцилиндром производится электропневматическими вентилями, включение которых производится с пульта бурильщика через АСУ. Для контроля за включенной передачей установлены два датчика.

Вспомогательный привод лебедки выполнен от двигателя переменного тока, который соединяется с ведущим валом коробки передач лебедки через редуктор и

шинно-пневматическую муфту.

Общее передаточное отношение от двигателя вспомогательного привода до барабана лебедки составляет приблизительно [9]:

- а) 50,16 при включенной «быстрой передаче»;
- б) 182,56 при включенной «тихой передаче».

На входном валу редуктора вспомогательного привода установлен колодочный тормоз с электрогидравлическим толкателем. При включении двигателя электрогидравлического толкателя тормоз растормаживается, при отключении - затормаживается.

Управление шинно-пневматической муфтой вспомогательного привода производится включением электропневматического вентиля типа с пульта бурильщика через АСУ. Контроль за состоянием муфты (включена - отключена) осуществляется датчиком давления. При включённой муфте вспомогательного привода должен быть наложен запрет на включение основного привода. Управление дополнительным приводом лебёдки осуществляется с пульта бурильщика через АСУ или (при подъёме вышки) с выносного пульта.

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%.

В таблице 1 представлены технические данные буровой установки БУ 4500/270 ЭК - БМ [17].

Таблица 1 - Технические данные буровой установки БУ 4500/270 ЭК-БМ

| Наименование параметра | Величина |
|--|--|
| Допускаемая нагрузка на крюке, кН (тс) | 2700(270) |
| Наибольшая нагрузка от массы колонны бурильных труб, кН (тс) | 1620(162) |
| Условная глубина бурения, м | 4500 |
| Скорость подъема крюка при расхаживании колонны (при ликвидации аварии), м/с | 0,18 |
| Скорость подъема крюка, м/с | 0.3-1,6 |
| Буровая лебедка | |
| Тип | ЛБУ 900 ЭТ-3 |
| Диаметр талевого каната, мм | 32 |
| Тип трансмиссии | Зубчатая двухскоростная коробка передач |
| Диаметр талевого каната, мм | 32 |
| Тип трансмиссии | Зубчатая двухскоростная коробка передач |
| Тормозная система | Торможение при спуске от двигателя лебедки. Аварийный и стояночный тормоз - дисковый. |
| Число основных электродвигателей, шт. | 1 |
| Привод регулятора подачи долота | Электродвигатель переменного тока мощностью 90 кВт |
| Буровая вышка: | |
| Полезная высота, м | 45 |
| Средний диаметр первого не сматываемого ряда, м | 668 |
| Грузоподъемность на крюке, т | 270 |
| Подъем вышки | Регулятором подачи долота через УПВ талевой системой |
| Номинальная длина свечи, м | 25 |
| Коэффициент полезного действия талевой системы | 0,85 |
| Коэффициент полезного действия барабана лебедки | 0,98 |
| Вспомогательный двигатель | |

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

140400.2016.125.00 ПЗ

Лист

19

1.4 Требования, предъявляемые к электроприводу лебедки

Буровые лебедки относятся к главным агрегатам бурового комплекса, определяющие эффективность бурения. Они используются не только при спускоподъёмных операциях, но так и при разбурировании забоя скважины.

Управление лебёдкой должно осуществляться по системе преобразователь частоты асинхронный двигатель. Привод лебёдки должен быть управляемым во всех четырёх квадрантах механической характеристики.

В режиме спускоподъёмных операций привод обеспечивает:

- а) подъём грузов при работе в двигательном режиме (I квадрант механической характеристики);
- б) торможение при подъёме в режиме рекуперативного торможения (II квадрант механической характеристики);
- в) силовой спуск в двигательном режиме (III квадрант механической характеристики);
- г) торможение при спуске (генераторный режим рекуперативного торможения (IV квадрант механической характеристики)).

Во избежание образования слабины каната при переходных процессах при торможении талевого блока при подъёме и при разгоне на спуск, момент двигателя во втором и третьем квадрантах механической характеристики должен быть ограничен [2].

Двигатель лебедки должен обладать достаточно большим максимальным моментом для получения больших ускорений при разгоне труб на высших скоростях лебедки, а также для освобождения буровой колонны в случае прихвата ее породой. Кратность максимального момента $X = 2,5-2,8$ можно считать достаточным.

Система автоматического регулирования (САР) привода лебёдки должна содержать задатчик интенсивности, контур регулятора скорости, подчиненный регулятору скорости, контур момента.

Задание скорости двигателя лебедки от команде - аппарата поступает на пульт бурильщика и далее по линии связи на вход микропроцессорного контроллера АСУ. В АСУ сигнал задания скорости соответствующим образом ограничивается и далее поступает на вход управления преобразователя частоты привода лебедки в качестве сигнала задания.

Обратная связь для регулятора скорости частотного преобразователя формируется датчиком импульсов, установленный на валу приводного двигателя, и выдающий две последовательности импульсов сдвинутых друг относительно друга на 90°. (по 1000 импульсов на один поворот барабана лебедки).

На рисунке 3 представлена желаемая грузоподъемная характеристика лебедки.

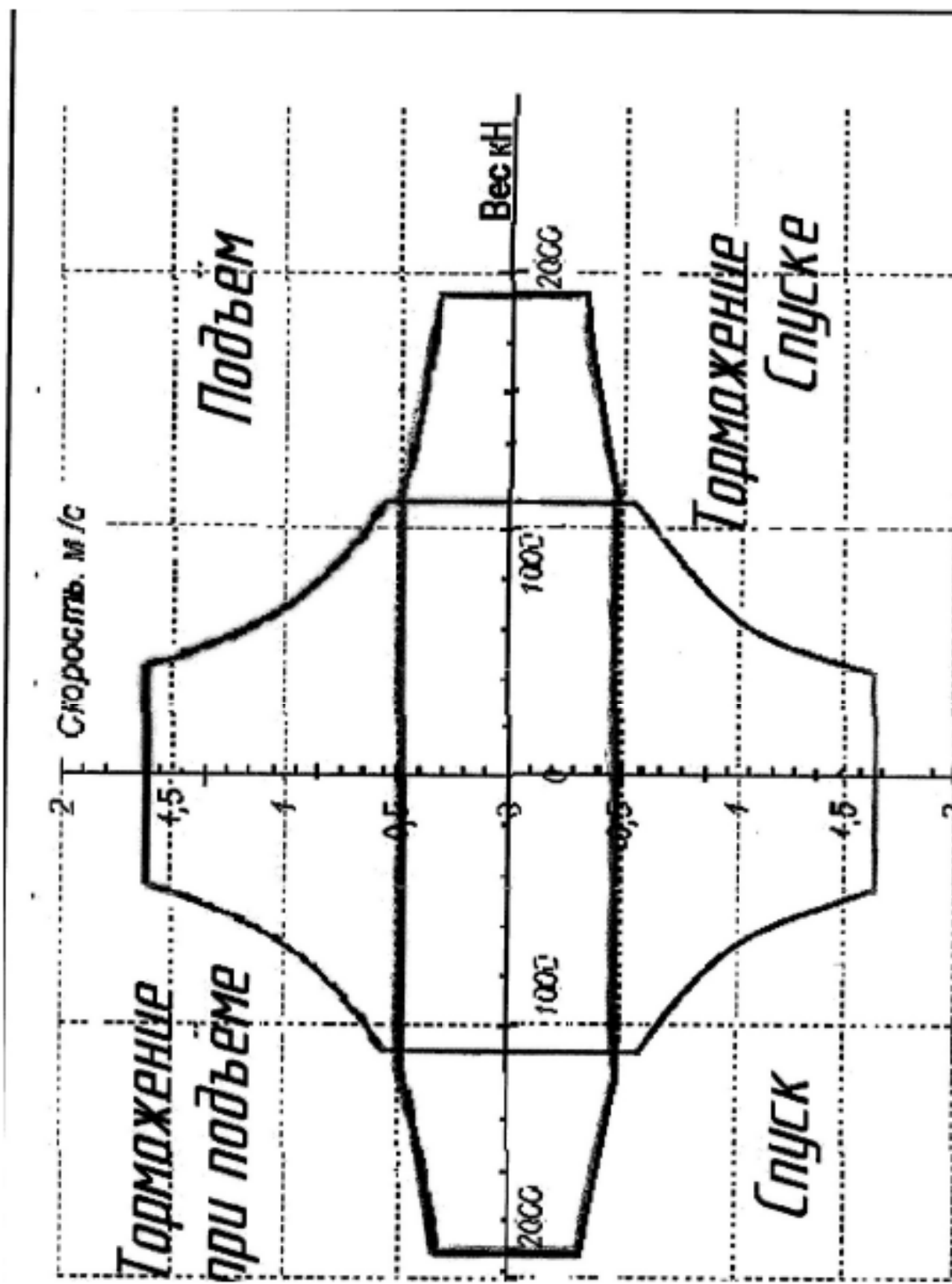


Рисунок 3 - Желаемая грузоподъемная характеристика лебедки

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

140400.2016.125.00 ПЗ

Лист

22

Главной отличительной особенностью электропривода механизма подъема является наличие активного (потенциального) характера момента нагрузки. Активный момент нагрузки всегда имеет один знак то есть момент, создаваемый весом груза всегда стремится раскрутить механизм в сторону пуска. Таким образом, при подъеме груза (первый квадрант механических характеристик) электропривод должен преодолевать этот момент (работать в двигательном режиме), при работе на направлении спуска (4 квадрант механических характеристик) не давать грузу опускаться грузу в свободном падении (тормозной режим).

Потенциальная энергия груза, при опускании должна или возвращаться в питающую сеть (что более предпочтительно) или рассеиваться в виде тепла в специальном устройстве, необходимость обеспечения установившейся скорости в тормозном режиме является главным требованием. Требования электропривода механизма подъема является определяющим при выборе структуры силовой цепи.

Кроме того, для большинства электропривода механизма подъема существует режим силового спуска-кого статический момент, создаваемый весом легкого груза или пустого крюка, не преодолевает момент механической части (редукторе, канатно-блочной системе). В этом случае электропривод работает в двигательном режиме с весьма не большим тормозным моментом - не более 10-15 % от номинального.

Характеристики силового спуска располагаться в 3 квадранте.

Во втором квадранте электропривод не имеет установившегося режима и работе в режиме торможения с высших на низшие старости.

Так же к основным требованиям буровой лебедки относятся:

- а) возможность частых пусков электропривода с активным статическим моментом, номинальный режим S5 по ГОСТ 183-74;
- б) работать на открытом воздухе при высокой относительной влажности воздуха 98 % и иметь степень защиты не ниже IP23;
- в) затраты на монтаж и демонтаж должны быть минимальными;

г) для повышения производительности необходимо поднимать и опускать пустой крюкоблок со скоростью больше номинальной $n=2$ -ным;

д) небольшой диапазон регулирования с целью минимизации редуктора лебедки

Пусть $\sigma_{\text{МН}} = 2/0,2 = 10$,

е) электропривод должен обеспечивать достаточный запас пускового момента при максимальной нагрузке и максимально допустимом снижении питающего напряжения $M=0,8 > M_{\text{ном}}$;

ж) обеспечивать тормозные режимы (работа тормозного резистора) для сокращения числа узлов лебедки, таких как дополнительные электромагнитные порошковые или гидродинамические тормозные устройства.

Наибольшее влияние на выбор системы электропривода и её структуры оказывает силовой спуск и торможение при спуске. Скорость груза называется посадочной или установленной и определяется технологическими требованиями.

На основании требований, предъявляемых к электроприводу и системе управления, а так же по техническим характеристикам и условиям работы цеха и в соответствии с требованиями технического задания на рисунке 4 представлена структурная схема электропривода механизма подъема общего назначения.

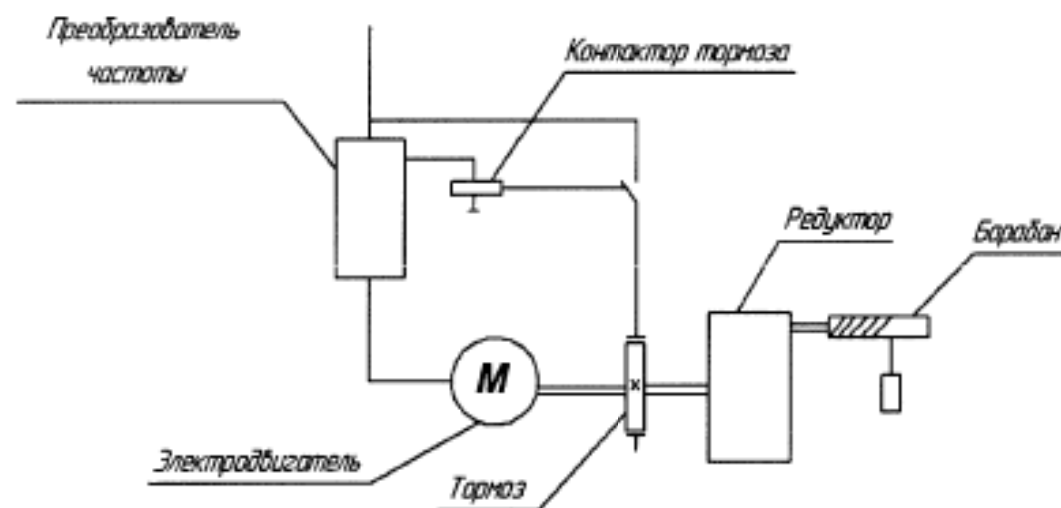


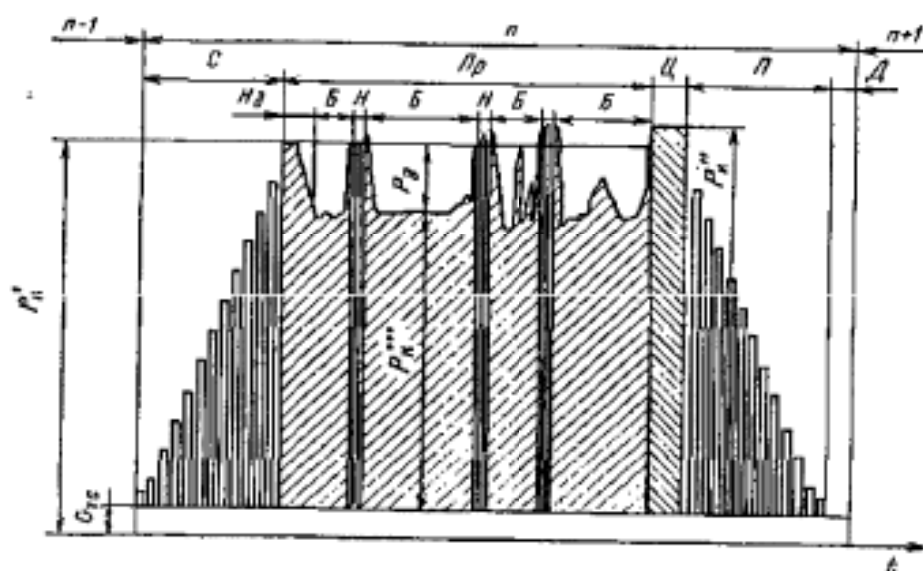
Рисунок 4 - Структурная схема механизма подъема.

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

Диаграмма работы буровой установки

На рисунке 5 приведен весь цикл работы буровой установки или рейс одного долота [12]. Как видно из диаграммы, рейс состоит из спуска С колонны с циклическим увеличением нагрузки на крюк R_k до наибольшей для данной глубины скважины, нескольких периодов бурения Б, наращиваний Н и подъема П колонны для смены долота Д с циклическим уменьшением нагрузки на крюк по мере извлечения каждой свечи. Скорость спуска бурильной колонны лимитируется технологическими условиями и состоянием ствола скважины и составляет 1-2 м/с в необсаженном стволе и до 3 м/с в обсаженной части.

При подходе к забою скважины спуск бурильной колонны замедляют, чтобы не заклинить новое долото, так как изношенное предыдущее долото изменяет диаметр и форму скважины.



С — спуск колонны; Яр — проходка; Ц — циркуляция и промывка скважины;

Я — подъем колонны; Д — смена долота; Б — бурение;

Я — наращивание; t — время; P_k и P_k' — нагрузка на крюке соответственно в начале, конце рейса и при бурении; P_d — нагрузка на долото; n — номер рейса;

Нд — цикл нагружения долота; G_{tc} — вес талевой системы.

Рисунок 5 - Диаграмма одного цикла (рейса долота) работы буровой установки

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

На некотором расстоянии от забоя долото останавливают и скважину промывают, после чего начинают вращать долото, осторожно подводят его к забою и с небольшой нагрузкой прирабатывают забой к форме нового долота. После этого нагрузку на долото плавно увеличивают, доводя до максимальной, установленной для данных условий бурения. Затем ее регулируют в зависимости от характера проходимых пород. Скорость бурения может меняться от 0,1 до 60 м/ч и более [12].

После углубления скважины на всю длину ведущей трубы бурение приостанавливают, колонну приподнимают и скважину промывают для того, чтобы поднять выбуренную породу в за- трубном пространстве на высоту, исключающую возможность оседания ее на забой во время наращивания. Промывка необходима также для выравнивания плотности раствора в за трубном пространстве и внутри колонны труб.

После промывки скважины колонну поднимают на длину ведущей трубы, устанавливают на клиньях или элеваторе на столе ротора, отсоединяют ведущую трубу с вертлюгом от колонны и удлиняют (наращивают) ее на одну трубу (одиночку) или свечу, состоящую из двух-трех труб. Нарращивание осуществляется различно. В одном случае трубу заранее укладывают на мостки, затем ведущую трубу с вертлюгом устанавливают в шурф, находящийся недалеко от ротора, и отсоединяют от крюка. Затем захватывают добавляемую трубу элеватором, висящим на крюке, поднимают трубу над ротором и свинчивают с колонной, подвешенной на столе ротора. После наращивания бурильную колонну' приподнимают, освобождают от ротора, опускают на длину добавляемой трубы, вновь устанавливают на ротор, захватывают крюком стоящий в шурфе вертлюг с ведущей трубой, поднимают их и соединяют с бурильной колонной. В другом случае наращиваемую трубу устанавливают вертикально во втором шурфе, находящемся рядом с ротором, затем поднимают бурильную колонну из скважины, отвинчивают ведущую трубу от колонны и, не устанавливая ее в шурф, подводят к замку добавляемой трубы, свинчивают Их и поднимают из шурфа, после чего свинчивают добав-

ляемую трубу с колонной. Затем промывают скважину, опуская колонну до забоя, и продолжают бурение [12].

При бурении забойными двигателями иногда не применяют ведущей трубы, и в этом случае наращивание осуществляется свечами для сокращения времени на эти операции. Число наращиваний колонны в процессе каждого рейса определяется проходкой на долото и длиной добавляемой трубы, а время работы долота на забое скоростью углубления и проходкой на долото, которые зависят от конструкции и качества изготовления долота, соответствия его типа проходным породам, факторов режима бурения, глубины скважины, физикомеханических свойств буримых пород и свойств бурового раствора, квалификации буровой бригады и др.

На основании требований, предъявляемых к электроприводу и системе управления, а так же по техническим характеристикам и условиям работы цеха и в соответствии с требованиями технического задания.

2. КАЧЕСТВЕННЫЙ ВЫБОР СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

2.1 Выбор типа электропривода

Современные буровые лебедки оснащаются регулируемыми электроприводами главных технологических механизмов. Регулируемые приводы способствуют повышению надежности 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 [16].

Наиболее полно технологическим требованиям отвечает глубоко регулируемый электропривод. Поэтому электроприводы главных механизмов серийных буровых установок выполнены по системе тиристорный преобразователь — двигатель постоянного тока. Глубокое регулирование скорости приводов обеспечивается изменением напряжения, приложенного к якорю двигателя, и изменением тока в обмотке возбуждения двигателя [16].

Однако использование в качестве электроприводов главных механизмов буровой лебедки 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.

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 осуществляются попытки заменить на главных приводах буровых лебедок системы тиристорный преобразователь - двигатель постоянного тока на более совершенные системы преобразователь частоты - асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором.

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;

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.

2.2 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. Поэтому с развитием полупроводниковой промышленности и появлением относительно недорогих преобразователей частоты процент их использования постоянно уменьшается [16].

В промышленности, там где используются буровые лебедки по возможности двигатели постоянного тока 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 двигатели постоянного тока обладают высоким пусковым моментом и большой перегрузочной способностью.

2.3 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 буровой лебедки: увеличивается ее коэффициент мощности, уменьшаются потери и падение напряжения [16]. 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 сравне-

нию 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 возбуждителя, высокая цена, сложность пуска.

Поэтому синхронные двигатели преимущественно используются при мощностях свыше 100 кВт.

2.4 Привод переменного тока.

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. Кроме того, асинхронные двигатели потребляют реактивную мощность из сети. Предел применения асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором определяется мощностью системы электроснабжения конкретного предприятия, так как большие пусковые токи при малой мощности системы создают большие понижения напряжения.

Использование асинхронных двигателей с фазным ротором помогает снизить пусковой ток и существенно увеличить пусковой момент, благодаря введению в цепь ротора пусковых реостатов. Однако, ввиду усложнения их конструкции, и как следствие, увеличения стоимости их применение ограничено. Основное применение - приводы механизмов с особо тяжелыми условиями пуска. Для уменьшения пусковых токов асинхронного двигателя с короткозамкнутым

ротором может быть использовано устройство плавного пуска или преобразователь частоты.

В настоящее время все большее распространение приобретает использование частотно-регулируемого привода, выполненного 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.

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;

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 ремонтпри-

годности, 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 Описание режима работы механизма буровой лебедки

Буровая лебёдка имеет два привода - основной и резервный. Лебедка с ее электроприводом используется только для подъема и опускания бурильных труб, причем приводные двигатели служат как для подъема труб, так и для торможения при опускании, то есть привод лебёдки должен быть управляемым во всех четырёх квадрантах механической характеристики [9]. Кроме того, лебёдка имеет вспомогательный привод (электропривод регулятора подачи долота)

Подъем бурильных труб состоит из отдельных циклов, число которых равно числу свечей: за время одного цикла производится подъем на высоту одной свечи (25—27 м), затем ее отвинчивают, переносят и устанавливают, после чего цикл повторяется. Таким образом, по мере подъема вес колонны бурильных труб дискретно уменьшается и, следовательно, уменьшается момент статического сопротивления на валу приводного двигателя. Диапазон изменения момента статического сопротивления определяется отношением веса максимального груза к весу крюка с незагруженным элеватором и составляет 20 : 1. Поскольку время работы привода лебедки при подъеме бурильных труб перемежается паузами для отвинчивания, переноса и установки труб, а также для спуска крюка с незагруженным элеватором, режим работы привода лебедки - повторнократковременный, с относительной продолжительностью включения 25—40%.

При уменьшающемся моменте статического сопротивления на валу двигателя некоторой мощности P может быть достигнута наибольшая производительность лебедки (без учета времен переходных процессов), если по мере подъема труб скорость подъема будет увеличиваться, т. е. если будет выполнено условие

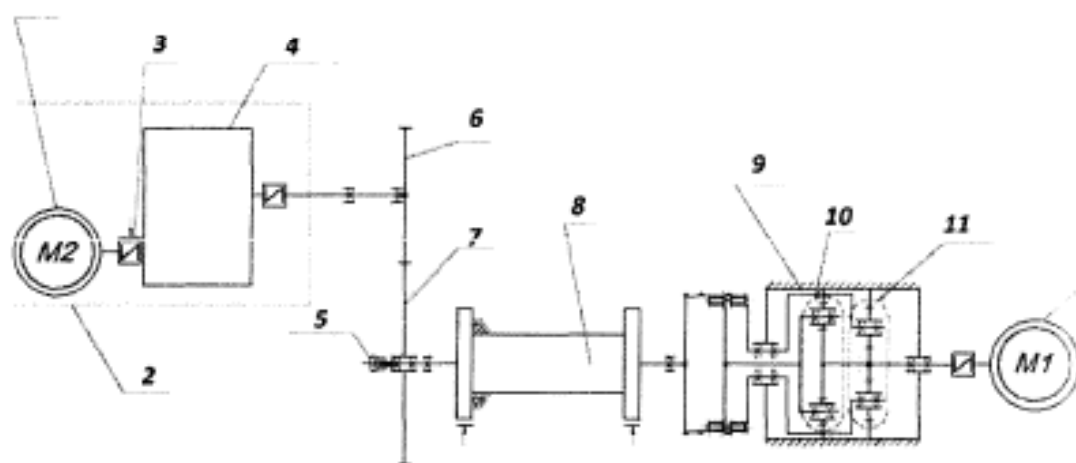
$P = \text{const}$, для выполнения данного условия частоту вращения барабана лебедю (скорости подъема груза) необходимо изменять при помощи электропривода с широким диапазоном регулирования частоты вращения.

Двигатель лебедки должен обладать достаточно большим максимальным моментом для получения больших ускорений при разгоне труб на высших скоростях лебедки, а также для освобождения буровой колонны в случае прихвата ее породой. Кратность максимального момента $X = 2,5—2,8$ можно считать достаточным [2].

Во избежание образования слабины каната при переходных процессах при торможении талевого блока при подъеме и при разгоне на спуск, момент двигателя во втором и третьем квадрантах механической характеристики должен быть ограничен.

На рисунке 6 представлена кинематическая схема буровой лебедки

Упрощенная кинематическая схема лебедки



- 1 - Электродвигатель переменного тока 5A250MB; 2 - Привод вспомогательный; 3 - Тормоз ТКГ - 400; 4 - Редуктор цилиндрический двухступенчатый; 5 - Муфта; 6, 7 - Передаточные числа; 8 - Вал барабана гладкий (оснастка 5х6); 9 - коробка передач; 10 - Вторая передача; 11 - Первая передача; 12 - Основной двигатель типа AFD432LC6

Рисунок 6 - Кинематическая схема буровой лебедки ЛБУ 900 – ЭТЗ

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

Двигатель основного привода соединяется с барабаном лебёдки через зубчатую коробку передач КП с понижающими передаточными отношениями.

На входном валу редуктора вспомогательного привода установлен колодочный тормоз ТКГ - 400 с электрогидравлическим толкателем. При включении двигателя электрогидравлического толкателя тормоз ТКГ - 400 растормаживается, при отключении - затормаживается.

Управление шинно - пневматической муфтой вспомогательного привода производится включением электропневматического вентиля типа с пульта бурильщика через АСУ. При включённой муфте вспомогательного привода должен быть наложен запрет на включение основного привода. Управление дополнительным приводом лебёдки осуществляется с пульта бурильщика через АСУ или (при подъёме вышки) с выносного пульта.

3.ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА РОДА ТОКА И ТИПА ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Выбор рода тока и типа преобразователя целесообразно производить на основе рассмотрения и сравнения технико-экономических показателей ряда вариантов, удовлетворяющих техническим требованиям данного устройства.

На основании исходных данных и требований, предъявляемых к электроприводу, необходимо выбрать вариант электропривода, способный полностью выполнить требования и быть одновременно максимально экономичным.

До недавнего времени современной системой привода буровой лебедки являлась система тиристорный преобразователь - двигатель постоянного тока [2], из за того что необходимы сложные сочетания характеристик:

- а) частые пуски, для которых не подходят синхронные привода;
- б) многократный запас по максимальному моменту;
- в) десятикратный плавный диапазон регулирования частоты оборотов.

В настоящее время существенно все изменилось благодаря появлению мощных полупроводниковых приборов. Современные электронные преобразователи дают возможность изменять частоту переменного тока в широком диапазоне, что позволяет плавно регулировать скорость вращающегося магнитного поля, а следовательно эффективно регулировать частоту вращения асинхронного двигателя [16].

Для привода механизмов, имеющих тяжелые условия пуска или работы, либо требующих изменения частоты вращения, следует применять электродвигатели с наиболее простыми и экономичными методами пуска или регулирования частоты.

Использование в электроприводе асинхронного двигателя имеет ряд преимуществ перед двигателем постоянного тока, такие как:

- а) более экономичный;
- б) наиболее надежный при частых пусках и непостоянной нагрузке;

- г) более простой по конструкции и в эксплуатации;
- д) менее взрывоопасен из-за отсутствия коллекторно-щеточного узла;
- е) большой диапазон регулирования.

В данном проекте предлагается электропривод на базе асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Предварительно выбранный электродвигатель должен удовлетворять начальным условиям выбора рода тока.

3.1 Расчет скоростей

Максимальная скорость крюка ограничивается требованиями техники безопасности и имеет вид:

$$V_{\text{max}} = (0,53 \dots 0,8) \sqrt{l_c};$$

$$V_{\text{max}} = (0,53 \dots 0,8) \sqrt{25} = 2,65 \dots 4 \text{ м/с},$$

где $l_c = 25$ м - длина свечи (см. таблицу 1).

Кроме того, большие скорости КТБ (колонна бурильных труб) в скважине создают гидродинамическое давление, это приводит к осложнениям в скважине.

Максимальная механическая скорость подъема крюка ограничивается наибольшей скоростью намотки каната на барабан для обеспечения равномерной его укладки $V_{\text{Hmax}} = 12-20$ м/с. Скорость смотки каната допускается более высокая (>30 м/с). То есть при оснастке 5х6 скорость подъема крюка:

$$v_{\text{max}} = \frac{V_{\text{Hmax}}}{m}; \tag{2}$$

$$v_{\text{max}} = \frac{12 \dots 20}{10} = 1,2 \dots 2 \text{ м/с},$$

где $m=10$ - показатель оснастки 5х6.

Максимальная механическая скорость крюка при подъеме ограничивается возможностями оператора останавливать крюк на заданной высоте и манипулировать с ним при подъеме. Практикой установлено $V_{\text{Kmax}} = 1,4 \dots 1,8$ м/с. Более высокие скорости не только не снижают, а наоборот увеличивают общие затраты времени на подъем СПО. В данном случае $V_{\text{Kmax}} = 1,5$ м/с (таблица 1).

Минимальная механическая скорость подъема крюка должна обеспечивать минимальное время подъема КБТ. Для этого необходимо использовать всю располагаемую мощность на крюке на всех этапах подъема, то есть

$N_k = P k_i v_{k_i} = const$. При среднем времени на вспомогательные операции 60 секунд средняя механическая скорость подъема составит $v_{kcpn} = 1 \text{ м/с}$ [12].

Исходя из этого минимальная скорость подъема:

$$v_{\text{max}} = \frac{V_{\text{к ср н}}}{2}; \quad (3)$$

$$v_{\text{max}} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ м/с.}$$

Минимальная технологическая скорость подъема устанавливается технологами - буровиками и в зависимости от назначения буровой $V_{k \text{ min}} = 0,1 - 0,2 \text{ м/с}$, то есть всегда меньше минимальной механической подъема колонны буровых труб.

3.2 Расчет диаметров барабана

В виду длительной намотки и ограниченности длины барабана диаметр намотки носит переменный характер. Средний диаметр второго ряда (первый ряд для эффективности закрепления не сматывается):

$$D_2 = D_6 + d_k + 2ad_k; \quad (4)$$

$$D_2 = 640 + 32 + 2 \cdot 0,93 \cdot 32 = 731,52 \text{ мм,}$$

где D_6 - диаметр барабана лебедки, мм (таблица 1); d_k - диаметр талевого каната, мм;

a — 0,93 - коэффициент, учитывающий уменьшение расстояния между рядами по геометрии укладки и вследствие деформации сжатия каната.

Наибольший диаметр навивки каната на барабан по эмпирической формуле [12]:

$$D_{\text{max}} = \sqrt{D_1^2 + \frac{1,37 \cdot m \cdot l \cdot d_k (d_k + 1,5)}{B}}; \quad (5)$$

$$D_{\text{max}} = \sqrt{668^2 + \frac{1,37 \cdot 10 \cdot 25 \cdot 10^3 \cdot 32 (32 + 1,5)}{1060}} = 890,28 \text{ мм,}$$

где D_1 - средний диаметр первого не сматываемого ряда;
 B — 1060 мм - длина бочки барабана.

Средний диаметр навивки на барабан:

$$D_{\text{ср}} = \frac{D_1 + D_{\text{max}}}{2}; \quad (6)$$

$$D_{\text{ср}} = \frac{731,52 + 890,28}{2} = 810,9 \text{ мм.}$$

3.3 Скорость вращения привода лебедки:

$$n_{\text{пр}} = \frac{v_k \cdot m \cdot 60 \cdot 10^3 \cdot i_i}{\pi \cdot D_{\text{ср}}} \text{ об / мин,} \quad (7)$$

где i_i - передаточное число редуктора на первой и второй передачах .

$$i_1 = \frac{z_4}{z_3}; \quad (8)$$

$$i_1 = \frac{81}{21} = 3,86;$$

$$i_2 = \frac{z_2}{z_1}; \quad (9)$$

$$i_2 = \frac{80}{69} = 1,16 ,$$

где z_1, z_2, z_3, z_4 - передаточные числа редуктора (смотри рисунок б) .

Результаты расчетов необходимых технологических скоростей для каждой передачи сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Скорости, приведенные к валу двигателя при среднем диаметре барабана.

| Скорость крюка, м/с | Скорость привода, об/мин | |
|---------------------|--------------------------|---------------|
| | На 1 передаче | На 2 передаче |
| 3 | 2728,7 | 1360,4 |
| 1,6 | 1455,3 | 727,5 |
| 0,8 | 727,6 | 364,3 |
| 0,6 | 545,7 | 270,4 |
| 0,5 | 454,8 | 225,1 |
| 0,3 | 90,9 | 46,1 |
| 0,03 | 27,3 | 13,2 |

Учитывая то что целью данного дипломного проекта является применение частотного управления электроприводом, что подразумевает работу привода как ниже, так и выше номинальной частоты, то лучше всего расчеты производить по более минимальному моменту инерции механизмов и меньшему моменту на валу для первой скорости редуктора.

3.4 Расчет статических нагрузок

К статическим нагрузкам относятся силы, возникающие во время медленного нагружения крюка (скорость движения менее 0,1 м/с), натяжение системы при прихватах и затяжках в процессе спуска тяжелых обсадных и подъема бурильных колонн при аварийных работах. Эти виды нагрузок действуют редко и их характер случайный.

Наибольшая статическая нагрузка на крюке принимают равной вероятностной разрывной прочности используемых бурильных труб $R_{ок}$ или 0,8 наибольшего веса спускаемой обсадной колонны $G_{ок}$. Эту нагрузку называют максимальной:

$$R_{\delta m} = 0,8G_{ок} = P_{к. max} < R_{ТС} \quad (10)$$

где $R_{\delta m}$ - вероятностная нагрузка, несущая способность элементов талевого системы. В нашем случае $R_{\delta m} = 2700$ кН (смотрите таблицу 1);

Масса постоянно поднимаемого груза (оборудования) в оснастке талевого системы буровой установки $G_{об}$ [2]:

$$G_{об} = G_{т.б} + G_{кр} + G_{шт} + G_3 + G_{т.к}; \quad (11)$$

$$G_{об} = 44 + 14 + 2,8 + 1,2 + 10,6 = 72,6 \text{ кН},$$

где $G_{т.б} = 44 \text{ кН}$ — масса талевого блока;

$G_{кр} = 14 \text{ кН}$ - масса крюка;

$G_{шт}$ - масса пары штопоров;

$G_3 = 1,2 \text{ кН}$ - масса элеватора [3];

$G_{т.к} = m \cdot l \cdot q_{т.к} = 10 \cdot 40 \cdot 3,86 = 1545,14 \text{ кН}$ - масса десяти струн талевого каната диаметром 32 мм в оснастке 5х6, 40 м - длина одной струны талевого каната (таблица 1);

$Q_{т.к} = 3,38 \text{ кг}$ - масса одного погонного метра талевого каната диаметром 32 мм.

3.4.1 Натяжение ведущей ветви талевого каната

При подъеме максимально возможной бурильной колонны (самый нагруженный цикл):

$$P_{с.н}^{КТБ} = \left(\frac{Q_0 + G_{об}}{\beta^m - 1} \right) \cdot \beta^m (\beta - 1); \quad (12)$$

$$P_{с.н}^{КТБ} = \left(\frac{1350 + 72,6}{1,34 - 1} \right) \cdot 1,34 \cdot (1,03 - 1) = 168,2 \text{ кН};$$

где $\beta = 1,03$ - коэффициент сопротивления шкива (ролика) талевого системы;
 $\beta^m = 1,34$;

Q_0 - вес бурильной колонны (здесь учитываются Архимедова сила и сила трения в буровом растворе).

$$Q_0 = \frac{R_{ог}}{K_0}; \quad (13)$$

$$Q_0 = \frac{2700}{2} = 1350 \text{ кН},$$

где $K=2$ - коэффициент запаса допускаемой нагрузки, на крюке для бурильной колонны и обсадной- $K_{обс} = 15$ [3], при этом нагрузка бурильной колонны на крюке не должна превышать $0,6R_{\text{обс}}$ обсадной колонны - $0,9 R_{\text{обс}}$

При подъеме пустого крюкоблока:

$$P_{с.н}^{сп} = \left(\frac{G_{об}}{\beta^n - 1} \right) \cdot \beta^n \cdot (\beta - 1); \quad (14)$$

$$P_{с.н}^{сп} = \left(\frac{72,6}{1,34 - 1} \right) \cdot 1,34 \cdot (1,03 - 1) = 8,5 \text{ кН};$$

При расхаживании колонны (кратковременный режим):

$$P_{с.н}^{ав} = \left(\frac{R_{от} + G_{об}}{\beta^n - 1} \right) \cdot \beta^n \cdot (\beta - 1); \quad (15)$$

$$P_{с.н}^{ав} = \left(\frac{2700 + 72,6}{1,34 - 1} \right) \cdot 1,34 \cdot (1,03 - 1) = 327,82 \text{ кН};$$

Исходя из данных буровой лебедки (таблица 1) максимальное натяжение $P = 320$ кН, поэтому примем его за предельное.

При спуске пустого крюкоблока (тормозной режим):

$$P_{с.с}^{сп} = \left(\frac{G_{об}}{m} \right) \cdot \eta_{т.с} \cdot \eta_{б}; \quad (16)$$

$$P_{с.с}^{сп} = \left(\frac{72,6}{10} \right) \cdot 0,85 \cdot 0,98 = 6,05 \text{ кН},$$

где $\eta_{т.с} = 0,85$ - коэффициент полезного действия талевого системы:

$$\eta_{т.с} = \frac{\beta^n - 1}{m \cdot \beta^n (\beta - 1)}; \quad (17)$$

$$\eta_{т.с} = \frac{1,34^{10} - 1}{10 \cdot 1,34^{10} (1,34 - 1)} = 0,85;$$

$\eta_{б} = 0,98$ - коэффициент полезного действия барабана лебедки (см. таблицу 1).

При спуске буровой колонны (тормозной режим):

$$P_{с.с}^{спТ} = \left(\frac{Q_{б} + G_{об}}{m} \right) \cdot \eta_{т.с} \cdot \eta_{б}; \quad (18)$$

$$P_{с.с}^{спТ} = \left(\frac{1350 + 72,6}{10} \right) \cdot 0,85 \cdot 0,98 = 118,5 \text{ кН}.$$

При спуске обсадной колонны (спуск производится 1 раз):

$$P_{e.c}^{обс} = \left(\frac{Q_{обс} + G_{обс}}{m} \right) \cdot \eta_{т.с} \cdot \eta_{\delta}; \quad (19)$$

$$P_{e.c}^{обс} = \left(\frac{2347,83 + 72,6}{10} \right) \cdot 0,85 \cdot 0,98 = 201,62 \text{ кН}$$

где $Q_{обс}$ - вес бурильной обсадной колонны:

$$P_{e.c}^{КБТ} = \frac{R_{дт}}{K_{\sigma}}, \quad (20)$$

$$P_{e.c}^{КБТ} = \frac{2700}{1,15} = 2347,83 \text{ кН}.$$

3.4.2 Приведенные статические моменты к валу двигателя

При аварийном режиме через первую механическую скорость редуктора:

$$M_{ст.п}^{ав} = \frac{P_{e.n}^{ав} \cdot D_{cp}}{i_1 \cdot \eta_p \cdot \eta_{\delta} \cdot 2}; \quad (21)$$

$$M_{ст.п}^{ав} = \frac{327,82 \cdot 0,81}{3,86 \cdot 0,88 \cdot 0,98 \cdot 2} = 39,74 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

где $\eta = 0,96$ и $\eta_{\delta} = 0,98$ - КПД для двухступенчатого редуктора с двойной цепной передачей и двумя фрикционными муфтами [2].

При подъеме максимальной КБТ через первую ступенчатую скорость редуктора:

$$M_{ст.п}^{КБТ} = \frac{P_{e.n}^{КБТ} \cdot D_{cp}}{i_1 \cdot \eta_p \cdot \eta_{\delta} \cdot 2}; \quad (22)$$

$$M_{ст.п}^{КБТ} = \frac{168,2 \cdot 0,81}{3,86 \cdot 0,88 \cdot 0,98 \cdot 2} = 20,39 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

При подъеме пустого крюкоблока через вторую скорость редуктора:

$$M_{ст.п}^{п} = \frac{P_{e.n}^{п} \cdot D_{cp}}{i_2 \cdot \eta_p \cdot \eta_{\delta} \cdot 2}; \quad (23)$$

$$M_{ст.п}^{п} = \frac{8,54 \cdot 0,81}{1,16 \cdot 0,88 \cdot 0,98 \cdot 2} = 3,44 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

При спуске пустого крюкоблока через вторую скорость редуктора, так как спуск производится на больших скоростях крюка:

$$M_{CT.C}^{sp} = \frac{P_{ac}^{sp} \cdot D_{cp} \cdot \eta_p}{i_2 \cdot 2}; \quad (24)$$

$$M_{CT.C}^{sp} = \frac{6,05 \cdot 0,81 \cdot 0,88}{1,16 \cdot 2} = 1,87 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

При спуске максимальной бурильной колонны через вторую скорость редуктора:

$$M_{CT.C}^{kbt} = \frac{P_{ac}^{kbt} \cdot D_{cp} \cdot \eta_p}{i_2 \cdot 2}; \quad (25)$$

$$M_{CT.C}^{kbt} = \frac{188,5 \cdot 0,81 \cdot 0,88}{1,16 \cdot 2} = 36,66 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

При спуске обсадной колонны через первую скорость редуктора, так как спуск производится 1 раз за скважину на меньших скоростях:

$$M_{CT.C}^{obc} = \frac{P_{ac}^{obc} \cdot D_{cp} \cdot \eta_p}{i_1 \cdot 2}; \quad (26)$$

$$M_{CT.C}^{obc} = \frac{201,62 \cdot 0,81 \cdot 0,88}{3,86 \cdot 2} = 18,74 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

3.5 Приведение моментов инерции к валу двигателя

Так как колонны большего веса поднимают со скоростями 0,6 м/с, то динамическая составляющая во время подъёма обычно не превышает 10% статической нагрузки. По мере уменьшения веса колонны динамические силы возрастают и могут достигать больших значений и превышать в 2 - 3 раза и более вес колонны на крюке, так как могут создаваться большие ускорения. Однако, динамические нагрузки в этих случаях не превышают максимальных статических.

В период спуска динамические силы должны быть ограничены мощностью главного тормоза.

Момент инерции ведущего шкива талевой системы на первой механической передаче:

$$J_{T.C} = \frac{(R_{w1}^2 + R_{w2}^2) \cdot G_w}{i_1^2 \cdot 2 \cdot i_{omc}^2}; \quad (27)$$

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

На второй механической передаче при подъеме пустого крюкоблока:

$$J_{a.min}^2 = 75,7 + 2 + \frac{7,26 \cdot 10^3 \cdot 0,73^2}{10^2 \cdot 1,16^2 \cdot 4} = 83,8 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$= 75,7 + 2 + \underline{\quad} \underline{\quad} = 83,8 \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

На второй скорости при спуске максимально возможной буровой колонне труб:

$$J_{a.max}^2 = 75,7 + 2 + \frac{(87,5 + 7,26) \cdot 10^3 \cdot 0,73^2}{10^2 \cdot 1,16^2 \cdot 4} = 117,52 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

3.6 Расчет необходимых ускорений

Необходимые ускорения электропривода. При выборе ускорений следует укладываться в определённые граничные условия: максимальное время пуска должно быть меньше 6 секунд, для двигателей постоянного тока и асинхронных двигателей с фазным ротором; для короткозамкнутых асинхронных двигателей всех типов - меньше 3с. [2]:

Так как $v = 0,5$ м/с, то свечу длиной 25 м поднять за 125 с (необходимо принять по технологическим требованиям), отнимаем 3 с, затрачиваемые на пуск и 3 с на останов привода, с учетом того, что в среднем за это время крюк проходит с половинной скоростью 0,25 м /с, получим $125 - (3+3)/2 = 59,5$ с, за которые необходимо преодолеть те же 25 м со скоростью вращения привода:

$$n_{0,5}' = \frac{n_{0,5} \cdot 125}{59,5}; \quad (31)$$

$$n_{0,5}' = \frac{454,8 \cdot 125}{59,5} = 955,4 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

где $n = 454,8$ - частота вращения привода при $v = 0,5$ мс (см.таблицу 2).

Ускорение до данной скорости:

$$\varepsilon_{0,5}' = \frac{d\omega_{0,5}'}{3}; \quad (32)$$

$$\varepsilon_{0,5}' = \frac{100}{3} = 33,4 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2},$$

где

$$\omega_{0,5}' = \frac{n_{0,5}'}{9,55}; \quad (33)$$

$$\omega_{0,5}' = \frac{955,44}{9,55} = 100 \frac{\text{рад}}{\text{с}},$$

При $v = 1,6$ мс, $n = 1455,3$ (смотри таблицу 2), получим:

$$\omega_{1,6} = \frac{n_{1,6}}{9,55}; \quad (34)$$

$$\varepsilon_{1,6} = \frac{d\omega_{1,6}}{dt}; \quad (35)$$

$$\omega_{1,6} = \frac{1455,33}{9,55} = 152,4 \frac{\text{рад}}{\text{с}};$$

$$\varepsilon_{1,6} = \frac{152,39}{3} = 50,8 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}.$$

Скорость спуска ограничивается $v = 3$ мс. Ограничимся временем торможения $t_{mc} = 3$ с, тогда на второй передаче редуктора $n = 1360,4$ обмин

$$\omega_3 = \frac{n_3'}{9,55}; \quad (36)$$

$$\varepsilon_3 = \frac{d\omega_3}{dt}; \quad (37)$$

$$\omega_3 = \frac{1360,4}{9,55} = 142,45 \frac{\text{рад}}{\text{с}};$$

$$\varepsilon_3 = \frac{142,45}{3} = 47,5 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}.$$

Скорость при подъеме полной колонны:

$$\omega_{0,2} = \frac{2V_{\text{мин}}}{D} \cdot i_2 \cdot m, \quad (38)$$

$$\omega_{0,2} = \frac{2 \cdot 0,3}{0,89} \cdot 1,16 \cdot 10 = 97 \frac{\text{рад}}{\text{с}};$$

Скорость при подъеме (спуске) талевого блока без труб:

$$\omega_{\partial,x} = \frac{2V_{\text{кнапл}}}{D} \cdot i_1 \cdot m, \quad (39)$$

$$\omega_{\partial,x} = \frac{2 \cdot 1,6}{0,89} \cdot 3,86 \cdot 10 = 142,5 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Минимальную и максимальную скорости, которые развивает двигатель в процессе работы можно рассчитать по следующим формулам [2]:

максимальная скорость:

$$\omega_{\partial,\text{макс}} = \frac{2V_{\text{пер}}}{D} i_2 \cdot m; \quad (40)$$

$$\omega_{\partial,\text{макс}} = \frac{2 \cdot 0,5}{0,89} \cdot 1,16 \cdot 10 = 162 \frac{\text{рад}}{\text{с}};$$

минимальная скорость:

$$\omega_{\partial,\text{мин}} = \frac{2V_{\text{пер}}}{D} i_1 \cdot m; \quad (41)$$

$$\omega_{\partial,\text{мин}} = \frac{2 \cdot 0,5}{0,89} \cdot 3,86 \cdot 10 = 44,5 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

В выражении (41) рассчитана минимальная скорость двигателя в рабочем режиме привода, однако, при работе возникают аварийные ситуации. При ликвидации аварии необходимо держать другую скорость, определим ее. Очевидно, что расхаживание колонны при ликвидации аварии осуществляется на “медленной” передаче редуктора. Скорость двигателя при ликвидации аварии будет равна [2]:

$$\omega_{\partial,\text{ав}} = \frac{2 \cdot V_{\text{авар}}}{D} i_2 \cdot m; \quad (42)$$

$$\omega_{\partial,\text{ав}} = \frac{2 \cdot 0,18}{0,89} \cdot 1,16 \cdot 10 = 58 \frac{\text{рад}}{\text{с}};$$

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

3.7 Расчет динамических нагрузок

Динамический момент при подъеме максимальной КБТ:

$$M_{\text{дин}}^{\text{КБТ}} = J_{\sigma \text{max}} \cdot \varepsilon_{0,5}; \quad (43)$$

$$M_{\text{дин}}^{\text{КБТ}} = 85,17 \cdot 33,4 = 2844,7 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

относительно статического момента, динамический составляет 2,84/20,39-100%= 13,9%.

Для точности остановки крюка с колонной необходимо увеличить время остановки до 4 с, для этого необходимо приложить в это время момент, равный статическому за вычетом динамического (так как время разгона и торможения равны):

$$M_{\tau}^{\text{КБТ}} = M_{\text{ст.н}}^{\text{КБТ}} - M_{\tau}^{\text{КБТ}}; \quad (44)$$

$$M_{\tau}^{\text{КБТ}} = 20,39 - 2,84 = 17,55 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Динамический момент при подъеме пустого крюкоблока:

$$M_{\text{дин}}^{\text{кп}} = J_{\sigma \text{min}} \cdot \varepsilon_{1,6}; \quad (45)$$

$$M_{\text{дин}}^{\text{кп}} = 83,8 \cdot 50,8 = 5,14 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

данный динамический момент почти 5 раз превышает статический (уравнение 22), но более чем в 2 раза меньше максимальной статической нагрузки. Поэтому система имеет запас по ускорению пустого крюкоблока и способна уменьшить время спуска до 1,5 с, не превышая номинального момента привода.

Динамический момент торможения при спуске пустого крюкоблока:

$$M_{\text{дин.с}}^{\text{КБТ}} = J^1_{\sigma \text{max}} \cdot \varepsilon_3; \quad (46)$$

$$M_{\text{дин.с}}^{\text{КБТ}} = 85,17 \cdot 47,5 = 4,05 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Динамический момент торможения при спуске максимальной КБТ на первой передаче редуктора:

$$M_{\text{дин.с}}^{\text{КБТ}} = J^2_{\sigma \text{max}} \cdot \varepsilon_{0,5} \cdot 1,8; \quad (47)$$

$$M_{\text{дин.с}}^{\text{КБТ}} = 117,52 \cdot 33,4 \cdot 1,8 = 7,06 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

где 1,8 - коэффициент превышения оборотов от номинальных.

4 РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ПРИВОДА ЛЕБЕДКИ

Среди различных задач СПО можно выделить 3 основные:

а) спуск колонны скважины - крюк при спуске нагружен тормозным моментом удержания колонны, а подъем осуществляется порожнем состоянии;

б) подъем колонны - крюк при подъеме нагружен завлечением колонны из скважины, а спуск осуществляется пустом состоянии;

в) аварийный режим - при расхаживании колонны бурильных и обсадных колонн при ликвидации осложнений и аварий, связанных с затяжкой и прихватом бурильных труб; при подъеме колонны труб через закрытые провенторы.

Первая основная задача осуществляется с меньшими нагрузками и меньшей продолжительностью, чем вторая. Третья самая тяжелая по нагрузкам, на случается довольно редко и поэтому для нее лучше ограничивать время нагружения, чем завышать мощность привода для основного режима.

Таким образом для выбора мощности привода лебедки основываться будем на режиме среднего нагружения то есть начального подъема максимально длинной колонны. Средняя механическая скорость подъема всегда меньше скорости, обеспечиваемой при полной (номинальной) частоте вращения двигателя, из за не возможности мгновенного пуска торможения буровой лебедки.

Среднеквадратичный момент компенсируется разницей в режиме торможения статического и момента торможения [10]:

$$M_{\text{ср кв}} = \sqrt{\frac{M_{\text{ст.н}}^{\text{кг}^2} \cdot t_n + M_{\text{ст.с}}^{\text{кг}^2} \cdot t_c}{t_n + t_c}}; \quad (50)$$
$$M_{\text{ср кв}} = \sqrt{\frac{20,39^2 \cdot 50,5 + 1,87^2 \cdot 12,625}{50,5 + 12,625}} = 18,26 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

где : t - время подъема КБТ;

t - время спуска крюка.

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

Мощность электродвигателя:

$$P_{\text{дв}} = \kappa_z \cdot \kappa_{\text{об}} \cdot M_{\text{н}} \cdot \omega'_{0,5} \cdot \sqrt{\frac{ПВ_{\phi}^{0,5}}{ПВ_{\text{кат}}}}; \quad (51)$$
$$P_{\text{дв}} = 1,2 \cdot 1,04 \cdot 18,26 \cdot 100 \cdot \sqrt{\frac{50}{100}} = 965 \text{ кВт} ,$$

где $\kappa_{\text{об}}$ - коэффициент номинальных оборотов, так как полезная мощность двигателя находится на оборотах, выше необходимых: для двигателя $2p=6$

$$\kappa_{\text{об}} = 104/100=1,04;$$

$\kappa = 1,2$ - коэффициент запаса мощности привода, обусловленный необходимыми перегрузками максимальным моментом для ликвидации аварийных режимов технологического процесса;

$ПВ_{\text{кат}}$ - каталожное значение относительной продолжительности включения для электродвигателя выбранной серии;

$ПВ_{\phi}$ - фактическое значение относительной продолжительности включения электродвигателя:

$$ПВ_{\phi} = \frac{t_n + t_c}{t_{\text{ц}}} = \frac{t_{\text{рн}}}{t_{\text{ц}}}; \quad (52)$$
$$ПВ_{\phi} = \frac{50,5 + 12,625}{123} = 0,5,$$

где t - время цикла, которое состоит из времени подъема и спуска $63,125\text{с}$ и времени на вспомогательные работы 60с .

Определим количество свечей в колонне:

$$S = \frac{L}{l_c}; \quad (53)$$
$$S = \frac{1000}{25} = 40 \text{ шт} ,$$

где L - длина колонны;

l - длина свечи.

Каждый цикл подъема или спуска колонны на длину свечи может состоять из двух или трех периодов (смотри рисунок 3):

- а) периода разгона t_p в течении которого крюк увеличивает скорость движения
- б) периода установившейся скорости движения t_y ;
- в) периода замедления движения t_T до полной остановки.

В некоторых случаях период установившегося движения может быть небольшим или отсутствовать.

Машинное время подъема колонны на длину свечи:

$$t_m = \frac{h}{v_{к.ср.п}}; \quad (54)$$

$$t_m = \frac{25,25}{0,5} = 50,5 \text{ с,}$$

где $v_{к.ср.п}$ - средняя скорость крюка при подъёме колонны на различный скоростях (в м/с).

h - длина хода крюка:

$$h = \alpha \cdot l_c; \quad (55)$$

$$h = 1,01 \cdot 25 = 25,25 \text{ м,}$$

α - коэффициент, учитывающий отношение хода крюка к длине свечи и равный 1,01-1,02 [12].

Тяжелые бурильные колоны спускают обычно с торможением, поэтом время разгона t_{pc} зависит от оператора.

Период установившегося движения при спуске t_{yc} зависит от средней скорости спуска:

$$t_{yc} = \frac{h - h_T}{v_{к.ср.с}}; \quad (56)$$

$$t_{yc} = \frac{25,25 - 0,5}{0,75} = 33 \text{ с.}$$

где $h_T = 0,5 - 6$ м - путь крюка при торможении;

v - средняя механическая скорость спуска крюка:

$$v_{к.ср.с} = \frac{v_{к.мах}}{2}; \quad (57)$$

$$v_{к.ср.с} = \frac{1,5}{2} = 0,75 \text{ м/с.}$$

Как максимальная, так и средняя механическая скорость спуска крюка меняют ся при спуске каждой свечи в зависимости от глубины скважины, состояние её ствола и тормозной системы, веса колонны и другого [10].

Время торможения колонны при спуске:

$$t_{TC} = \frac{2 \cdot h_T}{v_{к.ср}}; \quad (58)$$

$$t_{TC} = \frac{2 \cdot 0,5}{0,75} = 1,33 \text{ с.}$$

По опытным данным, при длине свечи 25 - 27 м время разгона при спуске составляет: для ненагруженного крюка $t_{pc} = 20 + 30$ с; при весе бурильной колонны 0,2-0,5 МН $t_{pc} = 8 - 10$ с; при весе бурильной колонны 0,5 - 0,8 МН $t_{pc} = 10 - 15$ с.

Среднее машинное время спуска колонны на длину свечи:

$$t_c = \lambda_c \cdot \frac{h}{v_{к.мах.с}}; \quad (59)$$

$$t_c = 1,5 \cdot \frac{25,25}{3} = 12,625 \text{ с.}$$

где $\lambda_c = 1,5$ - коэффициент заполнения тахограммы при спуске для бурильной колонны;

5 ВЫБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ БУРОВОЙ ЛЕБЕДКИ

До недавнего времени современной системой привода буровой лебедки была системы «тиристорный преобразователь - двигатель постоянного тока», так как необходимы сложные сочетания характеристик такие как:

- а) частые пуски, для которых не подходят синхронные привода;
- б) десятикратный плавный диапазон регулирования частоты оборотов, что сложно было обеспечить приводе переменного тока;
- в) многократный запас по максимальному моменту.

В настоящее время благодаря появлению мощных полупроводниковых приборов положение в этой области существенно изменилось. Современные электронные преобразователи дают возможность изменять в широком диапазоне частоту переменного тока, что позволяет плавно регулировать скорость вращающегося магнитного поля, а следовательно эффективно регулировать частоту вращения асинхронного и синхронного двигателей. Развитие в них микропроцессорного управления делает их надежными и постоянно расширяет функциональные возможности.

В виду недавнего развития частотного управления больших мощностей необходимый двигатель можно найти среди новых разработок, таких как электродвигатели серии AF, предназначенных для приводов буровых установок (лебедок, насосов и роторов), компрессоров, вентиляторов и т.д.

Серия AF - это низковольтные частотно - регулируемые асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, открывающие линейку мощностей от 500 до 1250кВт [13].

Двигатели данного типа (таблица 3) отличаются высоким удельным энергетическими показателями, большой перегрузочной способностью (3,5хМНОм)- Электродвигатели изготавливаются в стандартном исполнении (AF) и взрывозащищенном (AFD) и могут быть оснащены импульсивным датчиком скорости, термодатчиком обмотки статора и подшипников (PTC или Pt100).

Таблица 3 – Технические характеристики двигателя AFD432LC6

| | |
|------------------------------|---------------------------|
| Мощность, кВт | 1000 |
| Напряжение, В | 660 |
| Скорость, об/мин | 1000 |
| Номинальный ток, А | 1075 |
| Номинальный момент, Нм | 9620 |
| Предел регулирования, об/мин | 0-1800 |
| КПД, % | 96,6 |
| Cos φ | 0,85 |
| Способ охлаждения | принудительная вентиляция |
| Рабочая температура, 0 С | от -40 до +40 |
| Степень защиты | IP55 |
| Степень взрывозащищенности | 2EXEIIТЗ |

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).

Примечание:

а) для класса изоляции «Н» мощность двигателя может быть увеличена на 10% по отношению к мощности, указанной в таблицах.

б) по согласованию двигатели могут быть изготовлены с максимальным моментом выше указанных в каталоге значений;

в) мощность двигателя при ПВ 60% может быть увеличена до $P_2=1,3 \times P_{2н}$.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 58 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 140400.2016.125.00 ПЗ | | | | | |

6 ВЫБОР И ОПИСАНИЕ РЕГУЛИРУЕМОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

6.1 Выбор преобразователя

В главе 2 были рассмотрены достоинства и недостатки двигателей, применяемых в системе подъема буровой лебедки. На основе этого можно сделать вывод, что для механизма буровой лебедки наиболее экономичным и практичным будет выбор асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

В настоящее время существует несколько способов регулирования скорости асинхронного двигателя.

Наиболее простым - является реостатное регулирование скорости, однако, оно 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 как следствие высокие технико - экономические показатели. Основным его недостатком следует считать ограниченное число скоростей в заданном диапазоне регулирования и ступенчатое регулирование скорости.

Наиболее совершенной системой является система управления электроприводами переменного тока с частотным преобразователем и управлением от контроллера. Данная система позволяет изменить трехфазное выходное напряжение до значения напряжения сети с пропорционально увеличивающейся выходной частотой до настраиваемого значения. Что дает возможность управления трехфазным асинхронным двигателем с постоянным моментом до достижения номинальной частоты. Так же реализация системы управления буровой лебедки 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 вентилей инвертора, нижний - качеством выходного напряжения или тока. В преобразователях частоты предусмотрены защиты, что позволяет упростить и удешевить схему. Недостаток данной системы - 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.

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:

$$U_{\text{нпч}} \geq U_{\text{нл}}; \quad (61)$$

$$I_{\text{нпч}} \geq I_{\text{нл}}; \quad (62)$$

где $U_{\text{нл}}$, $I_{\text{нл}}$ - соответственно номинальное линейное напряжение и фазный ток статора двигателя;

$U_{\text{ном}}$, $I_{\text{ном}}$ - соответственно номинальные линейное напряжение и ток нагрузки преобразователя частоты.

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 подъема буровой лебедки. 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 Simoverf фирмы Siemens несмотря на широкое применение в промышленности из-за сравнительно хороших экономических показателей, 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 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 буровой лебедки, 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 [13].

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 ACS800-07-1500-7, номинальные данные которого представлены в таблице 4 [13].

Таблица 4 - Номинальные данные преобразователя частоты ACS800-07-1500-7

| Параметр | Единица измерения | Величина |
|-----------------------------------|-------------------|----------------------------|
| Номинальное напряжение | В | 660 |
| Номинальный ток | А | 1800 |
| Номинальная мощность | кВт | 1200 |
| Длительный ток | А | 1258 |
| Максимальный выходной | А | 1874 |
| Тормозной момент | % | 125 |
| Перегрузочная способность по току | - | 150%- 1 мин, 180% - бе- |
| Уровень шума | Дбл | 75 |

6.2 Схема соединения силовых цепей и цепей управления преобразователя частоты ACS800-07-1500-7

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

На рисунке 7 представлена схема подключения питания к ACS800.

Питание на преобразователь подается на клеммы B1, 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 [10].

Для устранения помех на входе преобразователя установлен внутренний фильтр помех.

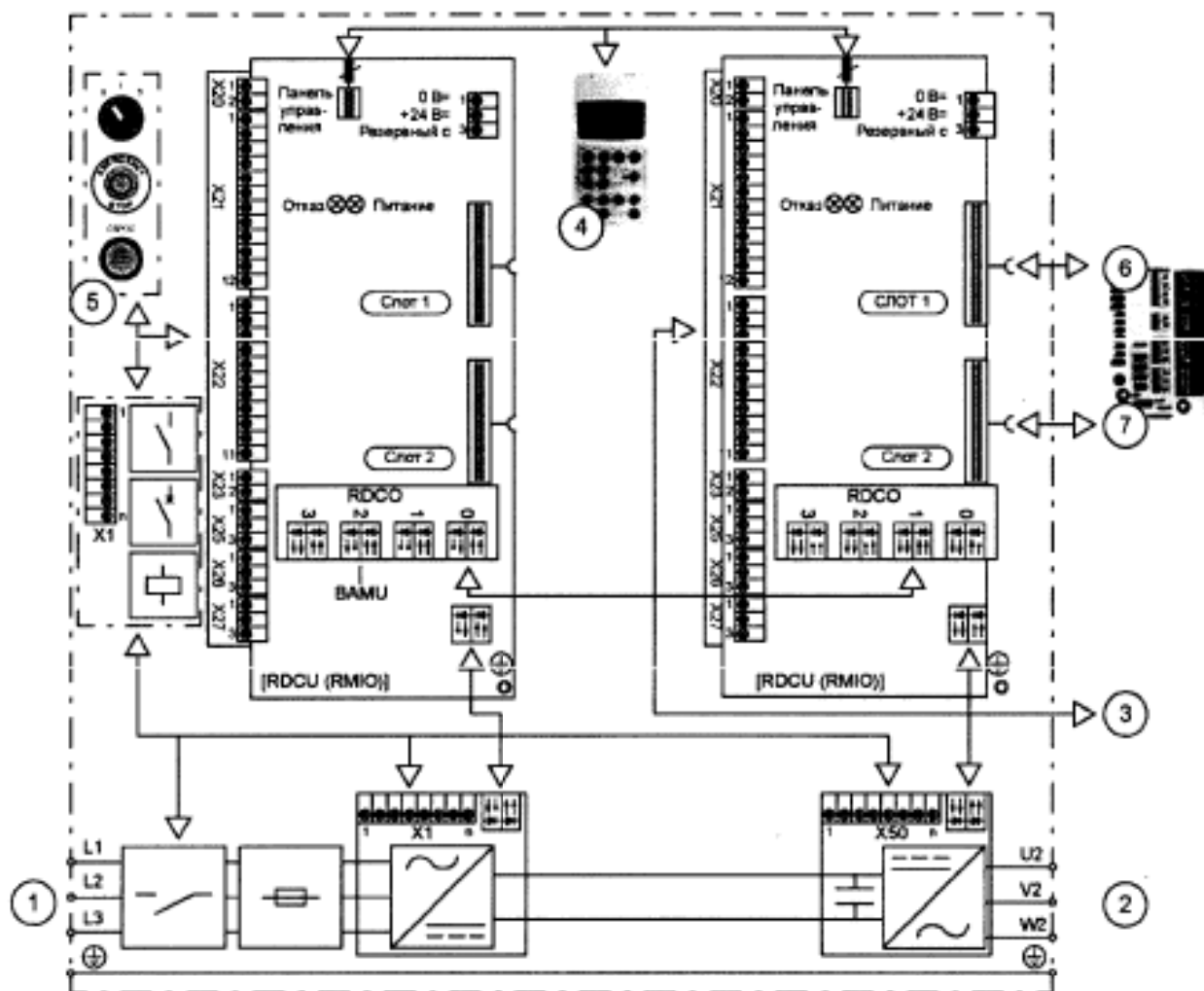


Рисунок 7 - Подключение силовых цепей и интерфейсы управления привода

- 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 (RAIO, RDIO) инверсного модуля импульсного энкодера или интерфейсного модуля fieldbus (например, RMBA, RDNA, RPBA)

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

7 - слот 2 на блоке управления инвертора для установки дополнительного модуля расширения ввода/вывода (RAIO, RDIO) инверсного модуля импульсного энкодера (.RTAC).

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.

На рисунке 8 приведена схема подключения управляющих цепей преобразователя частоты.

Сечение проводов, подключаемых к клеммной колодке:
кабели сечением 0,3 - 3,3 мм²
Момент затяжки:
0,2 - 0,4 Нм



* Трехпозиционный ключ управления

¹⁾ Непрограммируемый вход/выход

²⁾ Индикация внешнего предупреждения/отказа через цифровой вход DI4: см. параметр 30.04 ВНЕШН СИГН DI4.

³⁾ Индикация внешнего предупреждения/отказа через цифровой вход DI5: см. параметр 30.05 ВНЕШН СИГН DI5.

⁴⁾ Подтверждение от входного автоматического выключателя (если используется). Если входной автоматический выключатель отсутствует, но используются встроенные в модуль контакторы, эти контакторы контролируются платой SMIB.

24 В = / 115 В ~ / 230 В ~
Контактор или выключатель вкл./выкл.

X20

| | | |
|---|-------|---|
| 1 | VREF- | Опорное напряжение -10 В=, $1 \text{ кОм} \leq R_L \leq 10 \text{ кОм}$ |
| 2 | GND | |

X21

| | | |
|----|-------|--|
| 1 | VREF+ | Опорное напряжение 10 В=, $1 \text{ кОм} \leq R_L \leq 10 \text{ кОм}$ |
| 2 | GND | |
| 3 | AI1+ | По умолчанию не используется. |
| 4 | AI1- | 0(2) - 10 В, $R_{\text{вх}} > 200 \text{ кОм}$ |
| 5 | AI2+ | По умолчанию не используется. |
| 6 | AI2- | 0(4) - 20 мА, $R_{\text{вх}} = 100 \text{ Ом}$. |
| 7 | AI3+ | По умолчанию не используется. |
| 8 | AI3- | 0(4) - 20 мА, $R_{\text{вх}} = 100 \text{ Ом}$. |
| 9 | AO1+ | По умолчанию не используется. |
| 10 | AO1- | 0(4) - 20 мА, $R_L \leq 700 \text{ Ом}$ |
| 11 | AO2+ | По умолчанию не используется. |
| 12 | AO2- | 0(4) - 20 мА, $R_L \leq 700 \text{ Ом}$ |

X22

| | | |
|----|------|---|
| 1 | DI1 | Контроль перегрева ¹⁾ |
| 2 | DI2 | Вкл / выкл ¹⁾ |
| 3 | DI3 | Пуск (F) запуск по нарастающему |
| 4 | DI4 | По умолчанию не используется. ²⁾ |
| 5 | DI5 | Отказ (0) ³⁾ |
| 6 | DI6 | Сброс ¹⁾ |
| 7 | +24V | +24 В=, не более 100 мА |
| 8 | +24V | |
| 9 | DGND | Цифровая земля |
| 10 | DGND | Цифровая земля |
| 11 | DI7 | По умолчанию не используется. ⁴⁾ |

X23

| | | |
|---|------|---|
| 1 | +24V | Выход вспомогательного напряжения, неизолированный, 24 В=, 250 мА |
| 2 | GND | |

X25

| | | |
|---|------|--------------------------|
| 1 | RO11 | Релейный выход 1: работа |
| 2 | RO12 | |
| 3 | RO13 | |

X26

| | | |
|---|------|------------------------------|
| 1 | RO21 | Релейный выход 2: Отказ (-1) |
| 2 | RO22 | |
| 3 | RO23 | |

X27

| | | |
|---|------|--|
| 1 | RO31 | Релейный выход 3: Управление входным контактором / автоматическим выключателем ¹⁾ |
| 2 | RO32 | |
| 3 | RO33 | |

Рисунок 8 - Схема подключения управляющих цепей преобразователя частоты

6.3 Настройка электропривода и диагностика состояния работы

Со всеми приводами серии ACS800 используется одна и та же панель управления типа **CDP312R** (рисунок 9), 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.

Для управления приводом предназначены клавиши представленные в таблице 5

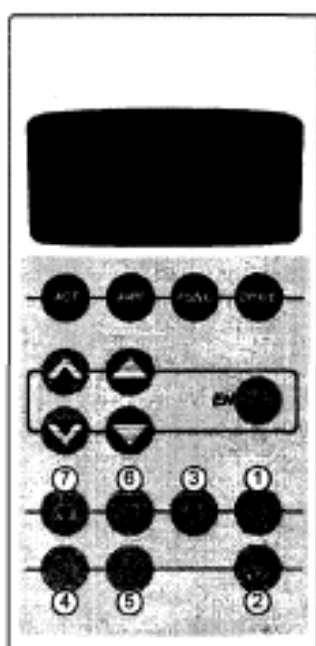


Рисунок 9 - панель управления типа **CDP312R**

Таблица 5 – Стандартные задачи для различных приложений

| № | 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 (внешнее) |

6.4 Стандартная последовательность задач.

Программа запуска определяет необходимую последовательность задач в зависимости от выбранного пользователем приложения (параметр 99.02). Стандартные задачи для различных приложений перечислены в таблице ниже.

Таблица 6 - Стандартные задачи для различных приложений.

| Название | Описание | Устанавливаемый параметр |
|--------------------------------|---|--|
| Выбор языка | Выбирает язык | 99.01 |
| Установка параметров двигателя | Установка значений параметров двигателя | 99.05, 99.06, 99.09, 99.07, 99.08, 99.04 |
| | Выполнение процедуры идентификации двигателя. (Если предельные значения скорости выходят за допустимый диапазон: (Установка предельных значений). | 99.10(20.8, 20.07) |
| Приложение | Выбор прикладного макроса | 99.02, связанные с макросом параметры |
| Выбор модулей | Активизация дополнительных модулей | Группы 98, 35, 52 |

Продолжение таблицы 6

| | | |
|-----------------------------------|---|--|
| Управление скоростью ВНЕШНИЙ 1 | Выбор источника задания скорости | 11.03 |
| | Если используется АВХ1: установка пределов, масштаба, инверсии сигналов на аналоговом входе АВХ1 | 13.01, 13.02, 13.03, 13.04, 13.05, 30.01 |
| | Установка предельных значений задания | 11.04,11.05 |
| | Установка предельных значений скорости (частоты) | 20.02, 20.01,20.08, 0.07 |
| | Установка времени ускорения/замедления | 22.02,22.03 |
| | Установка параметров тормозного прерывателя, если прерыватель выбран параметром 27.01 | Группы 27, 20.05, 14.01 |
| | Если для параметра 99.02 не выбрано ПОСЛЕД, УПРАВ, установка значений постоянной скорости | Группа 12 |
| Управление скоростью ВНЕШНИЙ 2 | Выбор источника для сигнала задания скорости | 11.06 |
| | Если используется вход АВХ 1, установка пределов, масштаба и инверсии для аналогового входа АВХ 1 | 13.01, 13.02, 13.03, 13.04, 13.05, 30.01 |
| | Установка предельных значений задания | 11.08, 11.07 |
| Управление крутящим моментом | Выбор источника задания крутящего момента | 11.06 |
| | Если используется вход АВХ 1, установка пределов, масштаба и инверсии для аналогового входа АВХ 1 | 13.01, 13.02, 13.03, 13.04, 13.05,30.01 |
| | Установка предельных значений задания | 11.08, 11.07 |
| | Установка времени нарастания и спада момента | 24.01, 24.02 |
| ПИД управление | Выбор источника задания регулируемой величины | 11.06 |
| | Если используется АВХ1: установка пределов, масштаба, инверсии сигналов на аналоговом входе АВХ1 | 13.01, 13.02, 13.03, 13.04, 13.05, 30.01 |
| | Установка предельных значений задания | 11.08, 11.07 |
| | Установка предельных значений скорости (задания) | 20.02, 20.01 (20.08, 20.07) |
| | Установка источника и предельных значений регулируемой величины | 40.07,40.09,40.10 |

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

140400.2016.125.00 ПЗ

Лист

69

Продолжение таблицы 6

| | | |
|-------------------|--|---|
| Защита устройства | Установка предельных значений крутящего момента и тока | 20.03, 20.04 |
| Выходные сигналы | Выбор сигналов, которые выводятся на релейные выходы РВЫХ 1, РВЫХ 2, РВЫХ 3 и дополнительные релейные выходы (если установлены) | Группа 14 |
| | Выбор сигналов, которые выводятся на аналоговые выходы АВЫХ1, АВЫХ2 и дополнительные аналоговые выходы (если установлены). Установка минимального и максимального уровня, а также масштаба и инверсии. | 15.01, 15.02, 15.03, 15.04, 15.05, (группа 96) |

7 ПРОВЕРКА ВЫБРАННОГО ДВИГАТЕЛЯ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПО НАГРЕВУ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | 140400.2016.125.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 70 |

7.1 Проверка двигателя по производительности

Так как нагрузки рассчитаны при уже определенных скоростях и ускорениях (глава 3), то достаточно проверки производительности по моментам. Для асинхронного двигателя необходимо, чтобы момент нагрузки был меньше критического на валу двигателя: $M = 26,74$, а максимальный момент выбранного привода:

$$M_{max} = M_{ном} \cdot 3,5; \quad (63)$$

$$M_{max} = 9260 \cdot 3,5 = 37,41 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

Момент на валу двигателя в процентах составляет:

$$M_{см.н}^{ас} = \frac{M_{см.н}^{ас}}{M_{max}} \cdot 100 \%; \quad (64)$$

$$M_{см.н}^{ас} = \frac{226,74}{37,41} \cdot 100\% = 0,71 \%,$$

и, следовательно, двигатель проходит по максимальному моменту.

Среднеквадратичный момент на валу привода составляет [12]:

$$M_{см.н}^{КБТ} = 18,26 - 18,26 \cdot 0,72 = 5,1 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

что меньше номинального момента двигателя (таблица 3), то есть среднеквадратичный максимальный момент за два часа не превышает номинальный.

7.2 Проверка преобразователя по производительности и нагреву

Проверку преобразователя проведем по допустимому току. Перегрузка двигателя - 1,5 номинального тока [10] в течении 2 минут (пункт 5):

$$I_{де . max} = I_n \cdot 1,5; \quad (65)$$

$$I_{де . max} = 1075 \cdot 1,5 = 1612 \text{ A},$$

а преобразователя - 1,5 номинального тока в течении 1 минуты [17]:

$$I_{пр . max} = I_n \cdot 1,5; \quad (66)$$

$$I_{пр . max} = 1818,3 \cdot 1,5 = 2727 \text{ A},$$

Так как время работы привода с перегрузкой меньше 150% не превышает 50с - подъема одной свечи максимальной КБТ, то преобразователь проходит по производительности.

Максимальная перегрузка для привода буровой лебедки ЛБУ 900 составляет 180% [14] в течении 5 с., а после каждого включения необходимо выдерживать паузу не менее 40 - 60 с. Обязательно должен быть включен вентилятор двигателя [14]. Выбранный преобразователь способен выдерживать 1,8Т_н в течении 1...5с. [12]:

$$I_{пр . max} = I_n \cdot 1,8; \quad (67)$$

$$I_{пр . max} = 1818,3 \cdot 1,8 = 3272 \text{ A},$$

что соответствует 3272/1075=3 номинального тока двигателя.

Тормозной момент преобразователя может обеспечить 130% с внешним тормозным резистором [13].

В данном проекте максимальный тормозной момент составляет (глава 3):

$$M_T = M_{стс}^{обс} \cdot c + M_{дин}^{обс} \cdot c; \quad (68)$$

$$M_T = 18,74 + 1,9 = 20,64 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

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

Тормозной момент в процентах от номинального составляет:

$$M_{\tau} = \frac{M_{\tau}}{M_{H} \cdot k_p} \cdot 100 \% ; \quad (69)$$

$$M_{\tau} = \frac{20,64}{9620 \cdot 1,7} \cdot 100 \% = 126 \% ,$$

где k_p - коэффициент превышения мощности преобразователя от двигателя [9]:

$$k_p = \frac{P_{сп}}{P_{де}} ; \quad (70)$$

$$k_p = \frac{1818}{1075} = 1,7 .$$

Следовательно, по тормозному моменту преобразователь тоже проходит.

7.3 Проверка ПЧ - АД по производительности

Рассчитаем сопротивление выбранного электродвигателя:

$$r_2' = \frac{1,05 \cdot P_H \cdot 10^3 \cdot s_n}{3 \cdot I_{2n}'^2 \cdot (1 - s_n)} ; \quad (71)$$

$$r_2' = \frac{1,05 \cdot 1000 \cdot 10^3 \cdot 0,005}{3 \cdot (903)^2 \cdot (1 - 0,0005)} = 0,00215 \text{ Ом} ,$$

где $I_2'^2 = I_{1n} \cos \varphi_{1n} = 1075 \cdot 0,84 = 903 \text{ А}$, - приведенный номинальный ток ротора активной составляющей тока статора (в номинальной точке скольжения мало, индуктивное сопротивление рассеяния ротора так же мало и можно принять $\cos \varphi = 1$).

Активное сопротивление статора, если принять $a=1$: $r_1=r_2=0,00215 \text{ Ом}$.

Индуктивное сопротивление рассеяния статора и ротора:

$$x_1 = x_2' = \frac{x_k}{2} = \frac{r_2'}{2 \cdot S_k} \cdot \sqrt{1 - a^2 \cdot S_k^2}; \quad (72)$$

$$x_1 = \frac{0,00215}{2 \cdot 0,02} \cdot \sqrt{1 - 1^2 \cdot 0,02^2} = 0,1 \text{ Ом};$$

где S_k - критическое скольжение при $a=1$:

$$S_k = \frac{S_n \cdot (\mu_k + \sqrt{\mu_k^2 - 1 + 2 \cdot S_n \cdot (\mu_k - 1)})}{1 - 2 \cdot a \cdot S_n \cdot (\mu - 1)}; \quad (73)$$

$$S_k = \frac{0,005 \cdot (3,5 + \sqrt{3,5^2 - 1 + 2 \cdot 0,005 \cdot (3,5 - 1)})}{1 - 2 \cdot 1 \cdot 0,005 \cdot (3,5 - 1)} = 0,02;$$

где $\mu_{\text{макс}} = 3,5$.

Стоит обратить внимание, что полученные значения сопротивлений могут сильно отличаться от реальных из-за сильных приближений, сделанных при их расчёте. Поэтому использовать полученные значения при дальнейших расчётах нежелательно и рекомендуется только для определения приближённых, не имеющих большой точности, значений.

7.4 Естественная характеристика двигателя

Естественная характеристика выбранного двигателя построена по каталожным данным и представлена на рисунке 10.

Каталожные данные:

| | абсолютное значение | относительное значение |
|------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| - синхронная скорость | $\omega_0 = 100,4 \text{ рад/с,}$ | $\omega_0 = 1; \omega_{н} =$ |
| - номинальная скорость | $\omega_{н} = 100,2 \text{ рад/с,}$ | 0,995; |
| - номинальный момент | $M_{н} = 9620 \text{ Нм,}$ | $M_{н} = 1;$ |
| - пусковой момент | $M_{п} = 9620 \text{ Нм,}$ | $M_{п} = 1;$ |
| - критический момент | $M_{кр} = 21593 \text{ Нм,}$ | $M_{кр} = 2,25;$ |
| - критическая скорость | $\omega_{кр} = 100 \text{ рад/с,}$ | $\omega_{кр} = 0,98.$ |

На том же рисунке построена естественная характеристика двигателя с помощью программы Mathcad. При построении с помощью программы Mathcad были использованы данные, рассчитанные в пункте 7.3:

а) активное сопротивление статора и приведённое активное сопротивление ротора

$$r_1 = r_2' = 0,00215 \text{ Ом;}$$

б) индуктивное сопротивление статора и приведённое индуктивное сопротивление ротора

$$x_1 = x_2' = 0,0001 \text{ Ом;}$$

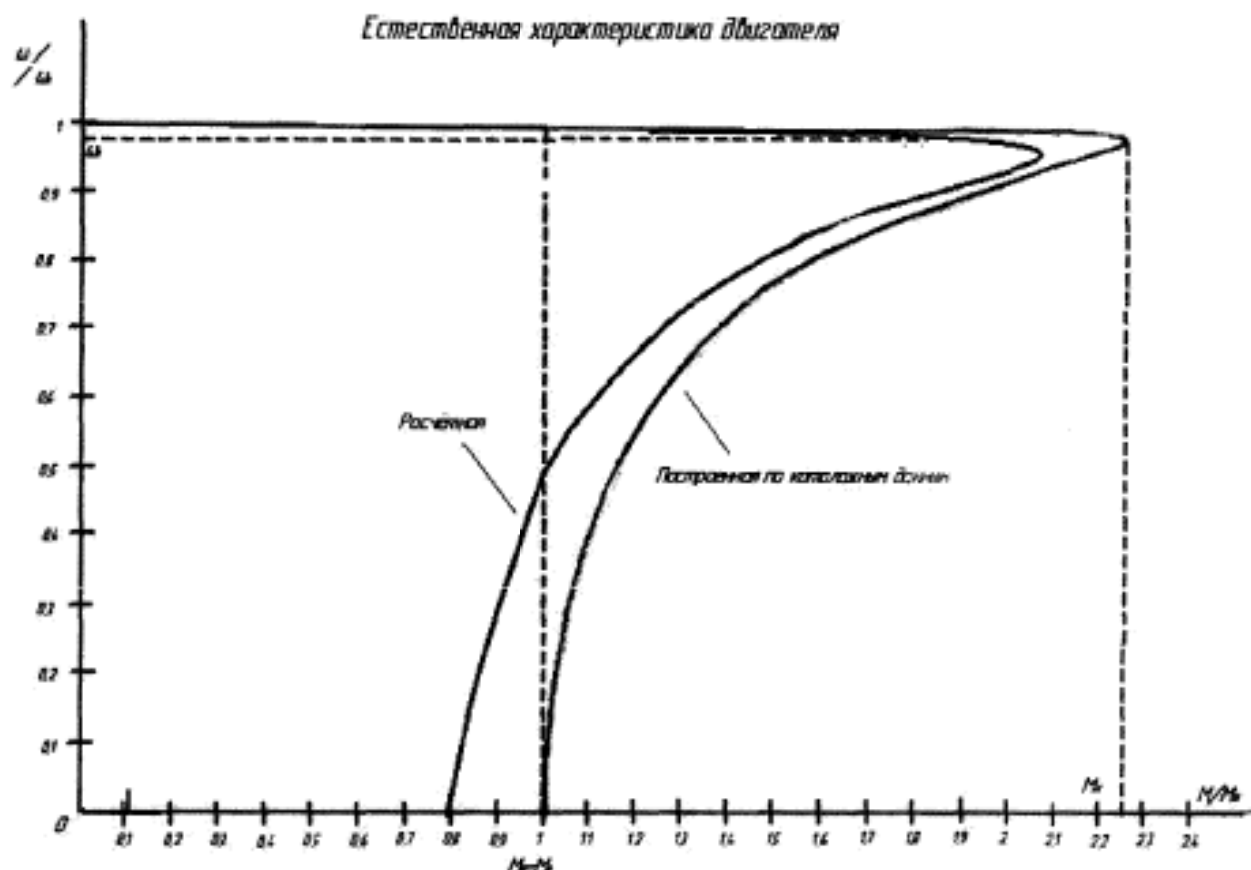


Рисунок 10 - Естественная характеристика двигателя.

7.5 Рабочие характеристики привода лебёдки

Задачей данного расчёта является определение напряжения и частоты, при которых выполняются требования к электроприводу по обеспечению заданных скоростей движения рабочего органа.

При питании асинхронного двигателя от преобразователя частоты в процессе преобразования возникают потери напряжения (мощности) в преобразователе. Обычно такие преобразователи имеют внутренние обратные связи, и при изменении нагрузки двигателя выходное напряжение и частота практически не изменяются [18]. Поэтому в дальнейшем напряжение и частоту на статоре двигателя будем считать независимыми от нагрузки.

На рисунке 11 построены характеристики привода лебёдки и определены их параметры.

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

В таблице 7 приведены заданные точки и определённые параметры характеристик.

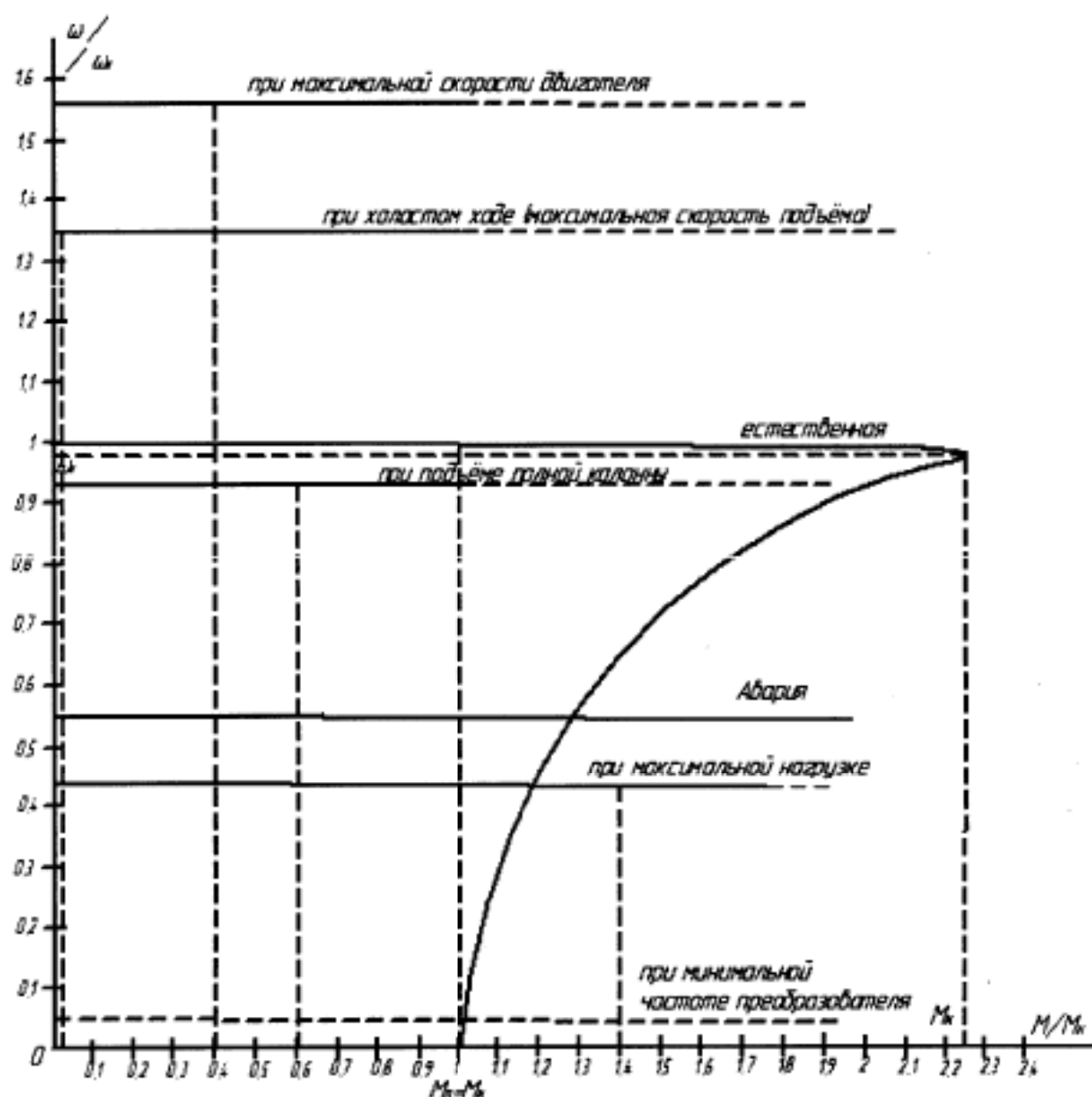


Рисунок 11 - Рабочие характеристики привода лебёдки.

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

140400.2016.125.00 ПЗ

Лист

77

Таблица 7 – Рабочие характеристики привода лебёдки.

| Характеристика | Параметры рабочей точки | | Частота питающего напряжения f, Гц |
|--|-------------------------|--------|---------------------------------------|
| | М/Мн | ю/(ОН) | |
| Подъём полной колонны | 0,6 | 0,93 | 46,2 |
| Подъём (спуск) талевого блока без груб | 0,04 | 1,34 | 67,9 |
| Максимальной скорости | 0,4 | 1,55 | 77 |
| Минимальной скорости | 1,4 | 0,43 | 21 |
| Аварийная | — | 0,55 | 28 |

8 ВЫБОР ПРОГРАММИРУЕМОГО КОНТРОЛЛЕРА

8.1 Задачи, предъявляемые к контроллеру

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 диагностированием 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 требованиями, описанными в техническом задании, 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 двух скоростей для дискретного задания скорости 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.

Сравнение промышленных контроллеров

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 мнемонических схем);
- в) существует многообразие дополнительного оборудования, позволяющего осуществлять визуализацию технологического процесса, связь с другими

контроллерами и преобразователями, подключение высокоскоростных счетчиков;

Опгоп - 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, (новые версии поддерживают программное обеспечение более старых 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 данной буровой лебедкой используем программируемый контроллер SIMATICS7-300 фирмы Siemens.

8.3 Описание и характеристика контроллера SIMATIC S7-300

SIMATIC S7-300 - это модульный программируемый контроллер, предназначенный для построения систем автоматизации низкой и средней степени сложности [15].

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 производи-

тельности, наличие широкой гаммы модулей ввода-вывода 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].

Общие технические данные контроллера SIMATIC S7-300 приведены в таблице 8.

Таблица 8 - Общие технические данные 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 |
| Механические воздействия: | |
| Вибрация | <i>IEC 68</i> , часть 2-6: 10 ... 58Гц постоянная амплитуда 0.075мм; 58...150Гц/ постоянное ускорение 1g. Длительность вибраций: 10 циклов по каждой из взаимоперпендикулярных осей. |
| Ударные нагрузки | <i>IEC 68</i> , часть 2-27: полусинусоидальные ударные воздействия с ускорением 15g (пиковое значение) длительностью до 1мс |

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

140400.2016.125.00 ПЗ

Лист

83

9 ВЫБОР ВСПОМАГАТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

9.1 Джойстик

Управление на повышенную или пониженную скорости привода буровой лебедки производится переключением джойстика типа ККП7М рисунок 12 фирмы ООО Ш11 «Кранкомплект»:

а) обозначение для серии джойстика:

ККП - командоконтроллер промышленный;

7М - серийный номер проекта;

б) степень защиты корпуса IP65;

в) приспособлены к непрерывной работе в течение 8 часов в сутки в течение продолжительного периода времени, штатная частота операций 1200 раз в час, ПВ=40%.



а)



б)

Рисунок 12 - а) Джойстика типа ККП7М, б) программируемый контроллер Simatic S7-300

9.2 Потенциометр

Для задания сигнала подачи используем потенциометр типа M22-R10K:

а) питанием +24В, ЮОмА, используется для аналогового выхода;

в) сопротивление составляет ЮкОм (погрешность +/-10%);

г) максимальная мощность 0,5Вт;

д) имеет мерную шкалу от 0 до 10 с ценой деления 0,5;

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

140400.2016.125.00 ПЗ

Лист

84

е) степень защиты IP66. Выполнен в пыле и влагозащищенном корпусе, что позволяет использовать в жестких условиях, вынося на дверь шкафа управления или пульта дистанционного управления.

9.3 Датчик давления

Роль контроля наличия давления в гидромагистрале лебедки выполняет электроконтактный мономер «ДМ2005Сг».

Технические данные манометра:

- а) диаметр корпуса - 160 мм;
- б) класс точности приборов - 1,5;
- в) степень защиты - IP40\
- г) масса приборов - не более 1,6 кг;
- д) материалы деталей:
корпус - сталь, алюминиевый сплав;
трубчатая пружина - медный сплав, железо-никелевый сплав;
- е) приборы выдерживают воздействие вибрации в диапазоне частот от 5 до 35 Гц с амплитудой 0,35 м;
- ж) климатическое исполнение по ГОСТ 15150.

Схема подключения: 1 - общий; 2 - размыкающий; 3 - замыкающий.

9.4 Датчик температуры

В качестве датчика температуры двигателя выбираем датчик типа «РТ - 100». Он представляет собой стержень, с чувствительным элементом на конце - термопарой. Данный стержень передает сигнал температуры на контроллер Simatic S7 — 300.

9.5 Датчик напора и тяги избыточного давления

Сигнал контроля охлаждения основного двигателя и избыточного давления в пульте бурильщика формирует датчик напора и тяги избыточного давления ДНТ - 1 группой контактов на размыкание.

9.6 Инкрементальный энкодер «Delta electronics» серии E20S/E20NB:

- а) разрешение 100 импульсов/оборотов;
- б) выход - открытый коллектор;
- в) выходной напряжение, напряжение питания: 7 - 24 В;
- г) максимальная частота - 500 кГц.

9.7 Блок питания

Для обеспечения питания датчиков, входных и выходных модулей программируемого контроллера необходимо выбрать блок питания. Требуемая мощность блока питания определяется суммой мощностей потребителей, нагруженных на него, причем для оптимального использования необходимо учитывать то, что не все потребители включены одновременно. Для упрощения выбора, а также для обеспечения запаса, мощность блока питания выбирается по суммарной мощности всех потребителей таблица 9.

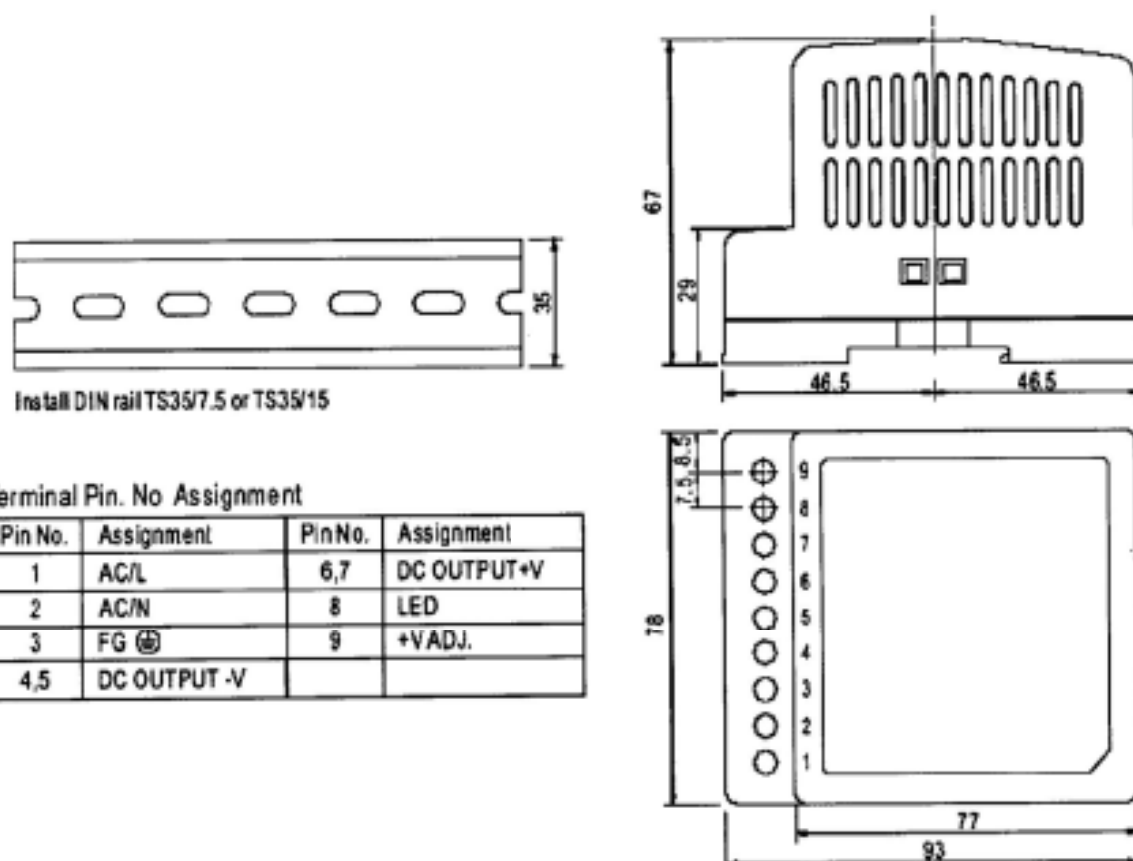
Таблица 9 - Расчет требуемой мощности блока питания

| Наименования потребителя | Потребляемый ток, А | Количество потребителей, шт | Мощность потребления, Вт |
|---------------------------------|---------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Датчик давления | 0,25 | 1 | 10 |
| Входные цепи контроллера | 0,007 | 15 | 1,68 |
| Выходные цепи контроллера | 0,05 | 15 | 18 |
| Датчик температуры | 0,25 | 1 | 0,9 |
| Суммарная мощность потребителей | | | 30 |

По полученному значению суммарной потребляемой мощности выбран блок питания типа PW2420D. Технические характеристики блока питания показаны в таблице 10. Схема подключения приведена на рисунке 13.

Таблица 10 – Технические характеристики источника питания типа PW2420D

| Наименование характеристики | Единицы измерения | Величина |
|--------------------------------|-------------------|----------|
| Номинальное напряжение питания | В | -220 |
| Мощность | Вт | 35 |
| Степень защиты | - | IP20 |



Terminal Pin. No Assignment

| Pin No. | Assignment | Pin No. | Assignment |
|---------|--------------|---------|--------------|
| 1 | AC/L | 6,7 | DC OUTPUT +V |
| 2 | AC/N | 8 | LED |
| 3 | FG ⊕ | 9 | +VADJ. |
| 4,5 | DC OUTPUT -V | | |

Рисунок 13 – Схема подключения источника питания типа PW2420D

9.8 Логический программируемый контроллер

В данном дипломной проекте был выбран контроллер SIMATIC S7-300 [12], удовлетворяющий всеми необходимыми функциями разработанного алгоритма.

Модули ввода-вывода выбраны на постоянное напряжение питания 24В. Это повысит безопасность работы с элементами системы, исключит необходимость применения нескольких блоков питания на разное напряжение. В ходе автоматизации установлено, что необходимо 10 входов и 15 выходов.

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

Из номенклатуры комплекса Simatic S7-300 [12] выбраны следующие модули:

- а) модули ввода дискретных сигналов SIMATIC S7-300-SM321 16ES7321 1BH020AA0;
- б) модули вывода дискретных сигналов SIMATIC S7-300,SM 322 16ES7322 1BH010AA 0;
- в) блок процессора SIMATIC S7-300-6ES7398-8EA00-8BA0;
- г) в контроллере используем модуль центрального процессора (CPU313C-2 DP). характеристики данного CPU приведены в таблице 11.

Таблица 11 - Основные технические данные CPU 313C-2 DP

| Параметры | Характеристика |
|---|--|
| Рабочая память | 64 КБ |
| Загружаемая память (ММС) | 64КБ - 8 МБ |
| Время выполнения операций, мкс: | |
| Логических | 0.1 |
| С фиксированной точкой | 2.0 |
| С плавающей точкой | 3.0 |
| Кол-во флагов/таймеров/счетчиков | 2048/256/ 256 |
| Кол-во каналов ввода-вывода, - дискретных/ аналоговых, не более | 8192/512 |
| Встроенные интерфейсы | MPI + DP (Скорость передачи до 12 Мбит/с.) |
| Кол-во активных коммуникационных соединений, не более | 8 |
| Кол-во встроенных дискретных входов/ выходов: | 16/16 |
| Встроенные функции: | |
| скоростные счетчики, кГц | 3x30 |
| импульсные выходы, кГц | 3x2.5 |
| ПИД-регулирование | Есть |
| Габариты, мм | 120x125x130 |

9.9 Дополнительные устройства

1) Световая аварийная сигнализация выполняется на светодиодах «КЛ102МА» красного цвета. А информационная индикация на светодиодах «ЗЛ102ЛМ» зеленого цвета.

2) Для защиты от коротких замыканий и перегрузки при работе, а так же ручного аварийного отключения все силовой цепи использован автоматический выключатель А3724 с реле напряжения для разрешения взвода и независимым расцепителем автомата.

3) Для повышения напряжений привода буровой лебедки использован трансформатор типа ТП - 380/660 фирмы ООО «ЭТА» единственное в Санкт - Петербурге.

4) Для включения двигателей применяем кнопки ABLFS-22 фирмы ИЕК Екатеринбург

- а) ВВТ10-ABLF-K06 зеленый;
- б) ВВТ30-ABLFS-K04 красный.

10 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ ПРИВОДА ЛЕБЕДКИ

На основе описания технологического процесса, выбора структуры привода и требования к автоматизации, составлена функциональная схема, которая представлена на чертеже ЮУрГУ - 140604.2012.503.01Э2.

На функциональной схеме показана взаимосвязь отдельных элементов системы автоматизации. В данном проекте выбран привод переменного тока с питанием от преобразователя частоты. Основным связующим элементов является программируемый логический контроллер. Все возможности задания и управления, а также считывание основной информации производится с пульта бурильщика.

Описание отдельных узлов системы автоматизации

а) Автоматический выключатель «QF1» с независимым расцепителем выполняет функции защиты системы от коротких замыканий дистанционного отключения силового питания, включения сети без разрешающей команды и отсутствия силового напряжения питания.

б) Электронное реле контроля напряжения «A1» обеспечивает максимальную защиту для машин и установок с нестабильными сетями электроснабжения. При использовании этих реле аварии в сети или выход параметров напряжения за установленные пределы могут быть быстро обнаружены и устранены прежде чем смогут возникнуть значительно большие повреждения или нанесен значительный ущерб.

г) Двухфазный автоматический выключатель «QF2» подключает и защищает блок питания «A2» пониженного напряжения цепей управления.

д) Повышающий трансформатор «ТУ» преобразует переменное трехфазное напряжение 380 В в переменное напряжение 660, необходимое для питания преобразователя «UZ».

е) Преобразователь частоты «UZ» преобразует входное переменное напряжение трансформатора в переменное напряжение различной амплитуды и различной частоты для регулирования скорости основного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором «M1» в зависимости от входного управляющего сигнала. А так же выдает сигналы о готовности, текущей частоты тока, его величины и т.д.

ж) Пульт бурильщика «ПУ» является основным рабочим местом бурильщика, в котором расположены все необходимые органы управления буровой установки и необходимая состояний различных узлов и защиты.

з) Программируемый логический контроллер «АЗ» обрабатывает входные сигналы и в соответствии с заданным алгоритмом и выдает управляющие сигналы преобразователю привода лебедки, команды вспомогательным механизмам, формирует защитные функции, а также обеспечивает индикацию состояний, ошибок и сигнализацию.

и) В системе автоматизации для информативности контролера о состоянии различных узлов используются следующие элементы:

датчик избыточного давления воздуха «А5», установленный в пульте бурильщика;

датчик реле - температуры «А4», установленный на выходе вентиляции главного двигателя.

датчик реле - давления масла в системе принудительной смазки лебедки «А4»;

счетчик импульсов - энкодер «ВQ», установленный на валу основного двигателя;

Двухфазный автоматический выключатель «QF3» предназначен для питания розетки «А7»;

аварийный двигатель буровой лебедки «M2»;

«M3» - вентилятор.

Нагревательные элементы, преобразующие электрическую энергию в тепловую, создают теплообмен между собой и теплоносителем - ТЭН.

11.ТРЕБОВАНИЯ И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ БУРОВОЙ ЛЕБЕДКОЙ

11.1 Требования к автоматизации буровой лебедки

Система автоматизированного управления обеспечивает повышение качества управления благодаря своей особенности быстро реагировать на возмущения и вырабатывать управляющие воздействия, в которых учитывается взаимное влияние параметров и показателей процесса. Кроме того система гарантирует качество управления, что особенно важно.

Задача системы автоматизации:

а) Буровая лебедка мощностью 1000 кВт представляет не мало опасностей травмирования персонала, в результате разрушения механизмов, к чему приводят нарушения оптимальных режимов работы лебедки [17]. Исходя из этого главной задачей системы автоматизации являются защитные функции, которые предупреждают и предотвращают различные аварии и травмирования. То есть формирование сигналов отключения либо останова механизма лебедки.

б) Так же необходимо формирование выходных, управляющих сигналов с безопасным алгоритмом работы основного привода и вспомогательных механизмов в зависимости от выполняемой операции с набором всех необходимых данных.

в) Для увеличения производительности труда система автоматизации должна помогать бурильщику в регулировке механической скорости бурения, а также позиционирование крюка при спуско - подъемных операциях, что так же повышает механическую скорость.

г) Информированность бурильщика о состоянии механизмов и сокращение поиска неисправностей обслуживающим персоналом зависит от наличия различных индикаций. Для этого необходимо формировать сигналы ошибок по не работоспособности механизмов.

д) Для точного позиционирования крюка необходимо обеспечивать автоматический останов крюка в верхнем и нижнем положениях. Из-за сложности использования датчиков положений крюка необходимо использовать энкодер, установленный на валу привода.

е) К вспомогательным механизмам относятся:

- маслонасос принудительной системы смазки буровой лебедки;
- вентилятор независимой системы охлаждения привода;
- пнево-клапана запитки шинно-пневматических муфт первой, второй передач редуктора, аварийного привода и пневматического привода тормоза лебедки.

ж) Необходимые выходные сигналы:

- управление автоматом преобразователя;
- обогрев двигателя;
- основной двигатель вниз;
- основной двигатель вверх;
- основной двигатель стоп;
- сброс ошибки преобразователя;
- включение маслонасоса лебедки;
- включение вентилятора лебедки;
- питание цепей управления +24В;
- звуковая сигнализация;
- аналоговый сигнал задания скорости;
- включение пневмомуфты первой передачи;
- включение пневмомуфты второй передачи;
- вспомогательный двигатель вниз;
- вспомогательный двигатель вверх.

з) Необходимые выходные сигналы:

- включение и отключение маслонасоса;
- включение и отключение вентилятора;
- пуск/стоп основного двигателя;
- переключение главный или вспомогательный двигатель;

- переключение спуска или подъема вспомогательного двигателя;
- аналоговый сигнал задания скорости;
- импульсный датчик (энкодер).

11.2 Разработка алгоритма автоматизации буровой лебедки

Перед составлением программы необходимо определить адреса входных и выходных переменных в соответствии с их подключением к программируемому устройству, а также задать адреса промежуточных переменных. Указанная информация сведена в таблицу 12.

Таблица 12 - Адресация переменных, используемых в программе

| Адрес | Обозначение | Наименование сигнала/команды |
|-------------------------|-------------|--|
| Выходные сигналы | | |
| 01 | ОДН1 | Основной двигатель вниз на первой скорости |
| Q2 | ОДН2 | Основной двигатель вниз на второй скорости |
| 03 | ОДВ1 | Основной двигатель вверх на первой скорости |
| Q4 | ОДВ2 | Основной двигатель вверх на второй скорости |
| Q5 | ВДН1 | Вспомогательный двигатель вниз на первой скорости |
| Q6 | ВДН2 | Вспомогательный двигатель вниз на второй скорости |
| Q7 | ВДВ1 | Вспомогательный двигатель вверх на первой скорости |
| Q8 | ВДВ2 | Вспомогательный двигатель вверх на второй скорости |
| Q9 | СГ | Сигнал готовности |
| Q 10 | Откл.ТЭ | Отключение ТЭН |
| он | Авария | Авария |
| 0 12 | Авария | Авария Маслонасоса |
| Q 13 | Авария | Авария Вентилятора |
| Входные сигналы | | |
| 11 | Ск.1 | Скорость 1 |
| 12 | Ск.2 | Скорость 2 |
| 13 | дт | Датчик-реле температуры |
| 14 | дм | Датчик-реле маслонасоса |
| 15 | в | Кнопка «Вверх» |
| 16 | од | Включение основного двигателя |
| | | |

Продолжение таблицы 12

| | | |
|--------------------|-------|--|
| 17 | вд | Включение вспомогательного двигателя |
| 18 | Н | Кнопка «Вниз» |
| 19 | Стоп | Кнопка «Стоп» |
| I 10 | Пит.С | Питание схемы |
| I 11 | A1 | Реле перенапряжения |
| I 12 | П | Преобразователь частоты |
| 113 | ДИД | Датчик избыточного давления воздуха в ПУ |
| Внутренние сигналы | | |
| M 4 | Рв | Память вверх |
| M 5 | Рн | Память вниз |

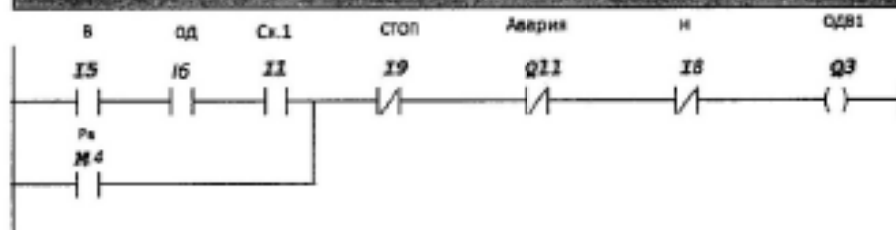
С учетом принятой адресации приведем программу управления механизмом подъема буровой лебедки (Рисунок 14). Программа представлена в лестничных диаграммах, для ее написания было использовано программное обеспечение - CX— Programmer.

OB1 : "Main Program Sweep (Cycle)"

Автоматизация буровой лебедки

Network 1: Title:

Включение ОД вверх на 1 скорости



Network 2: Title:

Включение ОД вниз на 1 скорости

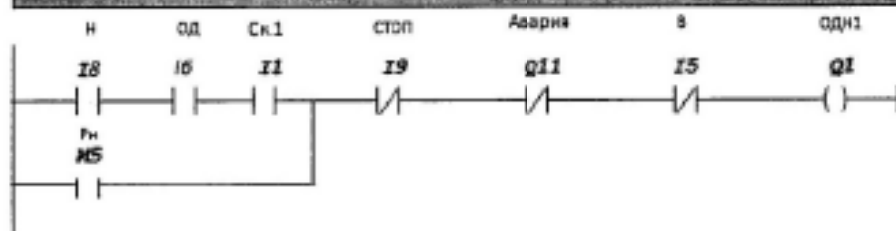
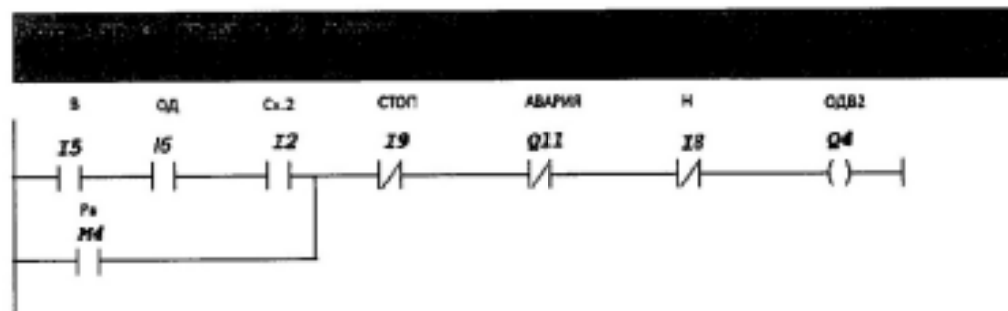
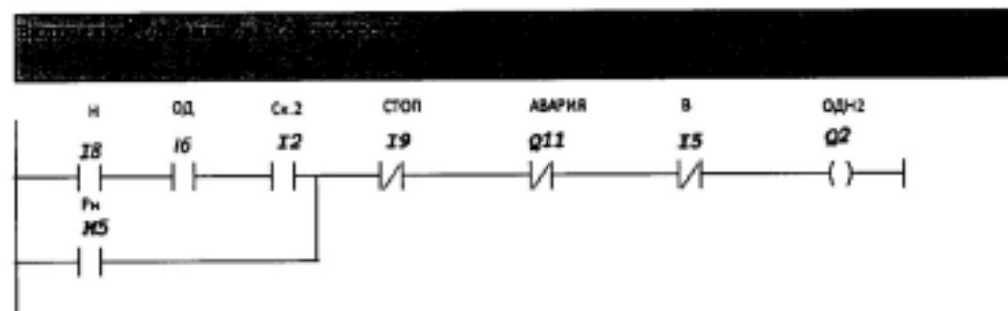


Рисунок 14 – Программа на языке LAD

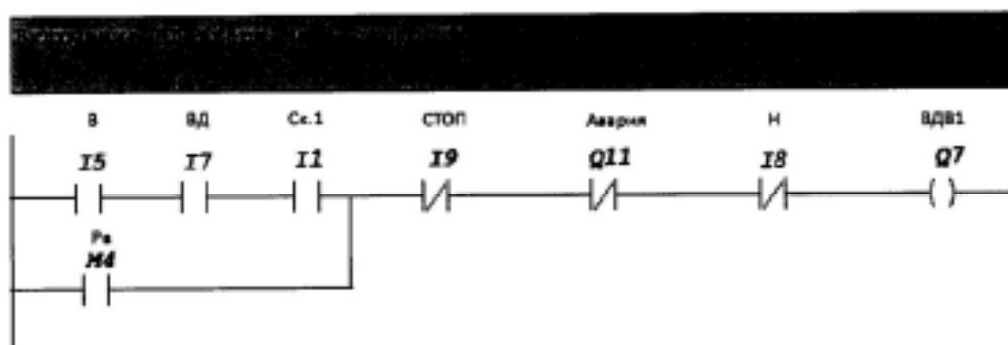
Network 3 : Title:



Network 4 : Title:



Network 5 : Title:



Network 6 : Title:

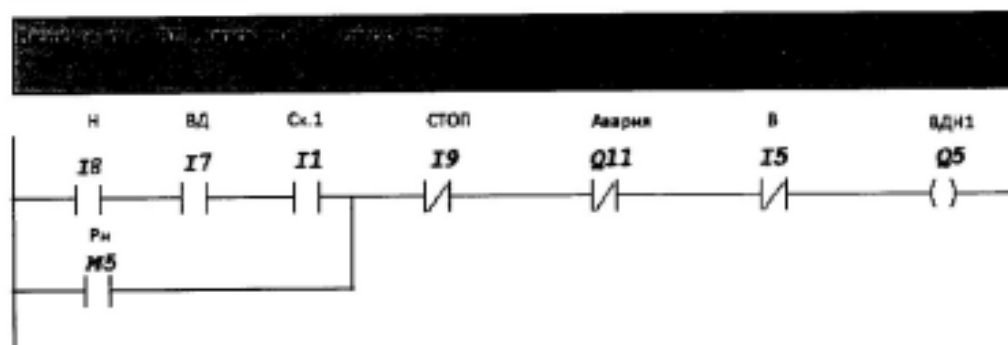
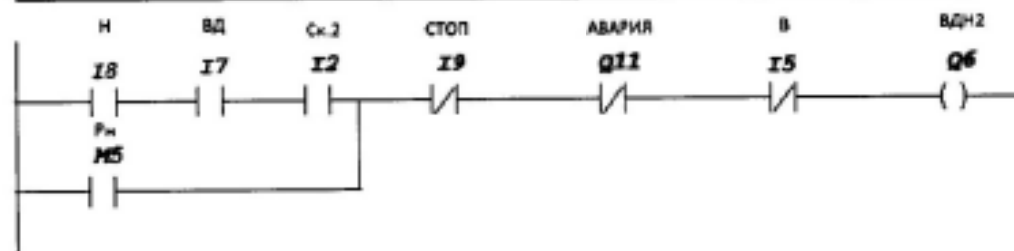


Рисунок 14 – Продолжение программы на языке LAD

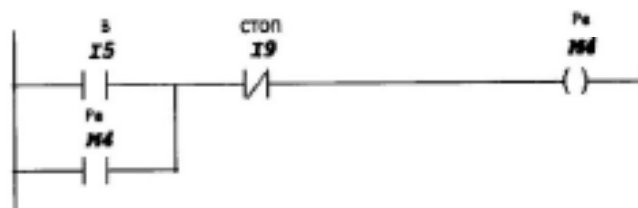
Network 7 : Title:



Network 8 : Title:



Network 9 : Title:



Network 10 : Title:

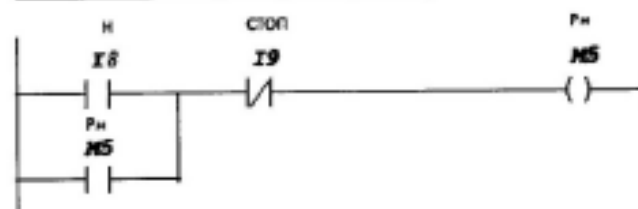


Рисунок 14 – Продолжение программы на языке LAD

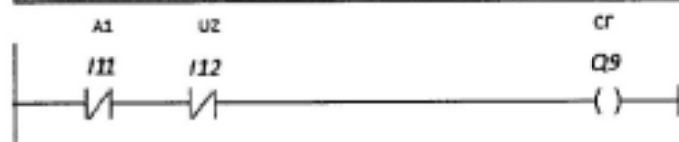
Network 11 : Title:

Авария



Network 12 : Title:

Сигнал готовности



Network 13 : Title:

Авария насосов



Network 14 : Title:

Авария вентилятора



Рисунок 14 – Продолжение программы на языке LAD

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

12 РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПАЛЬНОЙ СХЕМЫ

Структура взаимосвязи отдельных узлов схемы и их назначение были описаны в разработке функциональной схемы (пункт 10). Поэтому ограничимся описанием особенностей электрических соединений.

В системе автоматизации стоит блок АЗ в который входит контроллер Simatic S7 - 300 с питанием от переменного напряжения 220 В и имеет дополнительные модули ввода и вывода дискретных сигналов, которые вместе с основными контроллер подключены по схеме «потребитель», так получают сигналы типа «источник» от частотного преобразователя. Так же блок А включает в себя аналоговый модуль, в котором задействованы три входа (задание частоты, момента и сигнал давления) и один выходной канал, который является общим для различных заданий преобразователя.

Так же важное звено - это блок UZ (преобразователь), который управляется сигналами с контроллера и собственными возможностями. Часть выходов сигналов поступает в контроллер, а часть непосредственно на пульт управления.

Следующий, заслуживающий внимание, блок А - пульт управления (бурильщика). На нем установлены приборы по степени защиты не ниже IP62, так как он располагается непосредственно на рабочей площадке около роторного стола и подвергается забрызгиваю буровым раствором. По этой причине мы не стали применять операторную панель, а ограничились необходимыми светодиодными лампами индикации, переключателями режимов работы, кнопками, и джойстика на переключения скорости работы двигателя.

Внутренний источник питания преобразователя мы не трогаем, по той причине, что его мощности далеко не достаточно.

Исходя из этого все потребители низкого напряжения запитываются от внешнего импульсного источника стабилизированного питания G1, который имеет исполнение по четырех – проводной системе питания 380 В.

13 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Целью дипломного проекта является реконструкция электропривода механизма подъёма лебедки буровой установки.

Основным этапом проектирования любого электрооборудования является рассмотрение вопроса о возможной безопасной эксплуатации электрооборудования для жизнедеятельности человека и работоспособности другого электрооборудования. Поэтому в этой главе дипломного проекта проводится проверка удовлетворения требованиям безопасности и экологичности проектируемого механизма.

Вопросы проектирования разрабатывались в соответствии с требованиями ГОСТ «Правил устройств и безопасной эксплуатации буровой лебёдки» Госгортехнадзора, «Правил устройств электроустановок» (ПУЭ) и «Правил технической эксплуатации обслуживания электроустановок потребителей» (ПТЭ).

В настоящее время требования безопасности к конструкции наземного бурового оборудования регламентируются в соответствии с государственным стандартом Российской Федерации по ГОСТ 12.2.141 оборудование буровое наземное требования безопасности.

Данный стандарт распространяется на оборудование, предназначенное для бурения нефтяных и газовых скважин, а также скважин другого назначения с использованием буровых установок нефтяного ряда по ГОСТ 16293.

Конструктивное исполнение системы «Частотный Преобразователь - Асинхронный Двигатель» - закрытое, в шкафах, степень защиты IP 33 по ГОСТ 14254. Система является составной частью электропривода, размещается в отдельном контейнере. Рабочее положение - вертикальное.

Система устанавливается заказчиком в шкафах в соответствии с ГОСТ 10985 или поставляется в шкафах.

Электромонтаж должен соответствовать требованиям ГОСТ 51321.1 — 2000, схемам электрическим принципиальным, схемам соединения и требованиям.

13.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов:

- а) уровни шума на постоянных рабочих местах должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.003 ССБТ [4];
- б) уровни вибрации на постоянных рабочих местах должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.012 ССБТ [8];
- в) электробезопасность на постоянных рабочих местах должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.019 ССБТ [7].

Требования безопасности, предъявляемые к буровой лебедке:

- а) все электрооборудование должно иметь сертификаты и паспорта, эксплуатационная документация на электрооборудование должна содержать подробные инструкции по наладке, эксплуатации, техническому обслуживанию, как по общей системе электропривода, так и по отдельным комплектным устройствам;
- б) управление механизмами буровой лебедкой должно выполняться с использованием пневматических систем;
- в) модуль лебедки должен иметь регулятор подачи долота, поддерживающий постоянной заданную нагрузку на забой, точность поддержания нагрузки - $\pm 5\%$ от заданной нагрузки, диапазон скорости подачи долота 0...200 м/час, диапазон задания нагрузки на долото 0...30 т. РПДЭ модуля лебедки должен обеспечивать грузоподъемность на крюке 270 т при ликвидации прихватов и спуске обсадной колонны с питанием от дизельной электростанции 200 кВт.
- г) конструкция барабана лебедки должна обеспечивать крепление подвижной ветви каната, исключающее возможность его смятия или перегиба, самопроизвольного ослабления или отсоединения в месте крепления;
- д) конструкция тормоза должна исключать возможность самопроизвольного торможения или растормаживания барабана лебедки;
- е) тормозной механизм лебедки должен иметь не менее двух независимых СУ.

ж) управление лебедкой должно осуществляться дистанционно с пульта бурильщика;

з) конструкция механического привода (трансмиссии, коробки передач и т. д. должна исключать возможность одновременного включения более одной передачи, а также самопроизвольное отключение и переключение передачи.

и) система управления лебедкой должна обеспечивать автоматическое отключение привода с одновременным включением тормоза при поступлении сигнала предохранительных устройств (ограничителя грузоподъемности лебедки, ограничителя подъема талевого блока);

к) отключение привода и торможение лебедки должно быть таким, чтобы не происходила разгрузка и разматывание ходовой ветви талевого каната.

13.3 Требования к системам блокировки должно быть предусмотрено:

а) ограничитель грузоподъемности лебедки;

б) блокировка, исключающая одновременное включение главного и вспомогательного приводов лебедки;

в) блокировка, исключающая включение барабана лебедки при выдвинутой стреле автомата спуско - подъема, а также выдвижение стрелы автомата при включенном барабане лебедки;

г) блокировка, исключающая выдвижение стрелы автомата спуско - подъема при включенном барабане лебедки, а также включение барабана лебедки при выдвинутой стреле автомата спуско - подъема.

1) Для успешной борьбы с шумом необходимо знать его физическую природу, основные закономерности возникновения и распространения.

Звук как физическое явление представляет собой волновое движение упругой среды; как физиологическое явление он определяется ощущением, воспринимаемым органом слуха при воздействии звуковых волн в диапазоне частот 16 - 20000 Гц. Шумом являются всякого рода звуки, мешающие восприятию полезных

звуков или нарушающие тишину, и также звуки, оказывающие вредное или раздражающее действие на организм человека.

Источниками звуков и шумов являются колеблющиеся твердые, жидкие или газообразные тела. Колебательные возмущения, распространяющиеся от источника звука в окружающей среде, называются звуковыми волнами, а пространство, в котором они наблюдаются - звуковым полем. Основными характеристиками звуковых волн являются их интенсивность, длина и закон распространения в пространстве.

Скорость распространения звуковых волн в звуковом поле (скорость звука) зависит от свойств среды. В воздухе при температуре 20 °С и нормальном атмосферном давлении она равна 344 м/с. Скорость звука не зависит от частоты звуковых колебаний и при неизменных параметрах среды является постоянной величиной. При увеличении температуры воздуха скорость звука также возрастает примерно на 0,71 м/с на 1 °С.

Комплектные маломощные приводы РПД и вспомогательной лебедки выполнены в настенном исполнении:

На двери каждого шкафа установлена съемная панель.

Каждый модуль, находящийся в шкафу, имеет большой охлаждающий вентилятор. Комплектные маломощные приводы также имеют охлаждающие вентиляторы.

Основным источником шума в контейнере являются охлаждающие вентиляторы.

Все шкафы КЧЭ являются закрытыми. Это позволяет оградить обслуживающий персонал от шума вентиляторов, охлаждающих преобразователи, при настройке приводов в помещении контейнера с помощью панели управления.

Общий уровень шума на рабочем месте, при настройке приводов в помещении контейнера, в соответствии с ГОСТ 12.1.003, не должен превышать 60 дБ. Ниже приведена таблица уровней звука в дБ.

Таблица 13 – Фактические и допустимые значения уровней звука в дБ на рабочем месте

| Средне-геометрические частоты Гц | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | Уровень звука, дБА |
|---|------|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|--------------------|
| Фактические уровни звукового давления, дБ | 96 | 91 | 86 | 83 | 82 | 82 | 80 | 76 | 74 | 85 |
| Допустимые уровни звукового давления, дБ | 107 | 95 | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 69 | 80 |

Из таблицы видно, что фактический уровень давления превышает допустимый. Для поглощения шума предполагается ряд мероприятий.

8 В случае превышения уровня шума, регламентируемого ГОСТ, необходимо принять меры для снижения шума на рабочем месте.

9 Для снижения шума в помещении контейнера двери преобразовательных шкафов могут быть покрыты с внутренней стороны звукопоглощающим материалом.

10 Наиболее эффективным способом избавления обслуживающего персонала от шума, при настройке частотных приводов, является вынесение работ по настройке и регулированию приводов из контейнера на пост управления, находящийся вне контейнера, где с помощью ЭВМ осуществляются все необходимые настройки привода.

11 Использование индивидуальных средств защиты (беруши, наушники, ватные тампоны).

13.4 Вибрация

Вибрация определяется как колебательный процесс, возникающий при периодическом смещении центра тяжести какого-либо тела от положения равновесия, а также при периодическом изменении формы тела, которую оно имело в статическом состоянии. Вибрация возникает вследствие колебаний частей аппаратов, машин, коммуникаций и сооружений, вызываемых неуравновешенностью вращающихся деталей, пульсаций давления при транспортировке жидкостей и т.п. [8].

Наиболее действенным средством защиты человека от вибрации является устранение непосредственного контакта с вибрирующим оборудованием. Осуществляется это путем применения дистанционного управления, автоматизации и замены технологических операций.

Снижение вибрации машин достигается тщательной балансировкой вращающихся частей, сокращением динамических процессов, вызываемых ударами, резкими ускорениями и т.п.

Для виброзащиты применяются средства индивидуальной защиты для рук, ног и тела оператора. В качестве средства защиты для рук применяются рукавицы и перчатки, вкладыши и прокладки по ГОСТ 12.4.002

13.5 Эргономика

Буровая лебедка должна удовлетворять требованиям эргономики ГОСТ 12.2.049 ССБТ:

а) системы управления и переключения измерительных цепей приборов должны быть расположены на панели пульта или щита и соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.064;

б) системы управления, связанные с определенной последовательностью действия работающего, должны быть сгруппированы так, чтобы его действия осуществлялись слева направо и сверху вниз. Расположение идентичных органов

управления должно быть единообразным на всех пультах;

в) при размещении органов управления на одной панели, а связанных с ними индикаторов - на другой, относительное расположение элементов на обеих панелях должно быть одинаковым;

г) расстояние между центрами двух соседних кнопок должно быть не менее, мм: нажимаемых большим пальцем 75

нажимаемых остальными пальцами 45 «пуск» и «стоп» 75

«пуск»и «пуск» 125

д) расстояние между центрами двух соседних тумблеров должно быть не менее 25 мм;

е) при необходимости одновременного включения двух соседних переключателей обеими руками расстояние между ними должно быть не менее 75 мм, а при маневрировании в каждый момент только одним переключателем не менее 25 мм;

ж) пульта управления, расположенные на открытых рабочих площадках, должны иметь исполнение, соответствующее категории размещения I по ГОСТ 15150;

з) высота расположения рычагов и рукояток - по ГОСТ 12.2.032 и ГОСТ12.2.033;

и) у рукояток (кнопок) органов управления должны быть четкие и несмываемые надписи указывающие назначение и направление вызываемых движений.

Символы органов управления - по ГОСТ 12.4.040.

При расстоянии надписей от оператора до 900 мм высота цифр должна быть 6 мм, при расстоянии более 900 мм - 8 мм.

Электроснабжение буровой установки осуществляется от линии электропередачи напряжением 6,3 кВ [5]. Значения показателей качества электрической энергии (отклонение частоты и напряжения, коэффициент искажения кривой напряжения) должны соответствовать требованиям ГОСТ 13109.

Также следует учесть, что:

- а) нормально допустимые и предельно допустимые значения установленного отклонения напряжения на выводах приемников электрической энергии равны соответственно ± 5 и $\pm 10\%$ от номинального напряжения электрической сети;
- б) нормально допустимые и предельно допустимые значения коэффициента искажения синусоидальности напряжения в точках общего присоединения к электрическим сетям 5,0 и 8,0 соответственно;
- в) нормально допустимые и предельно допустимые значения отклонения частоты равны $\pm 0,2$ и $\pm 0,4$ Гц соответственно.

13.6 Заземление и зануление

Для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения изоляции применяется защитное заземление.

Для обеспечения безопасности людей металлические части электроустановок, корпуса электрооборудования и приводное оборудование должны быть заземлены, занулены в соответствии с требованиями ПУЭ - 02. Рядом с этим элементом должен отображаться символ «Заземление».

Защитное заземление - это преднамеренное соединение с землей различных конструктивных, металлических частей электрооборудования, которые нормально не находятся под напряжением, но могут оказаться под напряжением при случайном соединении с токоведущими частями. Задача защитного заземления - устранение опасности поражения тока человека в случае прикосновения к корпусу, оказавшемуся под напряжением.

Защитное зануление - это преднамеренное металлическое соединение с глухозаземленной нулевой точкой (нейтралью) трансформатора в сетях переменного тока и с глухозаземленной средней точкой источника электроснабжения в трехпроводных сетях постоянного тока частей электроустановок, нормально не находящихся под напряжением, но которые могут случайно оказаться под таковым.

Соединение это выполняют проводником, который называется зануляющим, или нулевым защитным проводником [5].

Нейтраль считают глухозаземленной, если она присоединена к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление, например, через трансформатор тока. Сети с глухим заземлением нейтрали используют для электроснабжения трехфазных приемников с линейным напряжением 380 В и однофазных приемников напряжением 220 В в жилых, общественных, промышленных зданиях и наружных установках.

В данном проекте используется система подсистема с отдельными рабочим и защитным нулевыми проводниками обозначают как TN-S (рисунок 15)

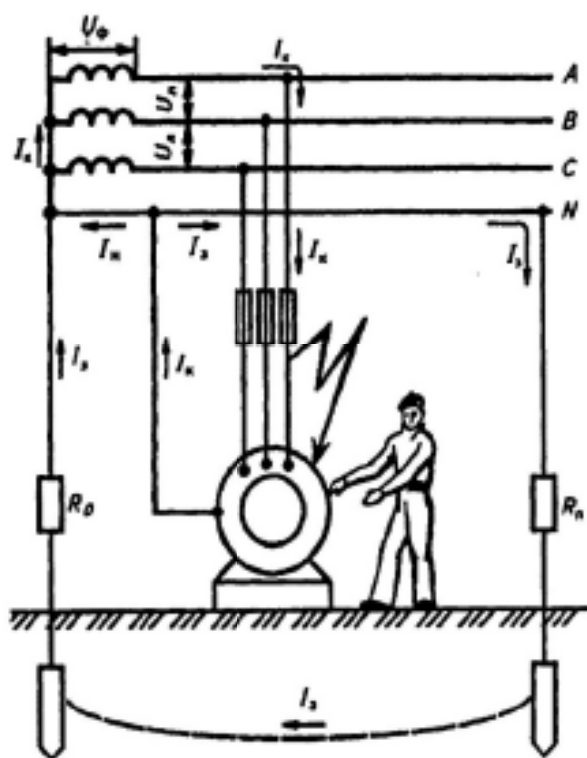


Рисунок 15 – Система TN – S

где T – нейтраль источника питания заземлена;

N – открытые проводящие части присоединены к глухозаземленной нейтрали источника питания;

S – нулевой рабочий (N) и нулевой защитный (PE) проводники разделены.

Электрооборудование буровой лебедки, его установка, защитное зануление, изоляция должны соответствовать требованиям «Правила устройства элек-

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

14 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

14.1 Обоснование необходимости расчета

Задачей экономического раздела дипломного проекта является - расчет затрат на реконструкцию электропривода и системы автоматизации участка буровой лебедки.

Реконструкция - усовершенствование, улучшение, обновление объекта, приведение его в соответствие с новыми требованиями и нормами, техническими условиями, показателями качества.

Расчет материальных затрат на проектирование

Затраты по статье «Расходные материалы» определяются по каждому виду, как производственные нормы расхода на цену [19]:

$$M = \sum_{i=1}^m P_i \cdot C_{m_i} , \quad (74)$$

где: m - номенклатура применяемых материалов, шт.;

P_i - количество указанных изделий i -ого наименования, шт.;

C_{m_i} — цена единицы указанных изделий i -ого наименования, руб.

Затраты на прочие вспомогательные расходные материалы составляют 10% от затрат по статье «Расходные материалы» и рассчитываются по формуле:

$$M_{пр} = M \cdot 10 \% , \quad (75)$$

где: M - затраты по статье «Расходные материалы», руб.

Общие материальные затраты на проектирование определяются, как сумма затрат на основные и вспомогательные материалы:

$$M_{\Sigma} = M + M_{пр} , \quad (76)$$

где: $M_{Пр}$ - затраты на прочие вспомогательные расходные материалы, руб. Затраты на используемые расходные материалы приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Затраты на используемые расходные материалы для проектирования

| Наименование, тип, марка товара | Количество | Цена за единицу, руб. | Стоимость, руб. |
|--|------------|-----------------------|-----------------|
| Бумага писчая, «Снегурочка», формат А4 (шт.) | 500 | 0,35 | 175 |
| Заправка картриджа для лазерного принтера (шт.) | 1 | 300 | 300 |
| Электроэнергия (кВт/ч) | 140,8 | 2,38 | 335,1 |
| Канцелярия | - | - | 150 |
| Итого без учета прочих расходных материалов | | | 960,1 |
| Прочие расходные материалы, 10% | | | 96,01 |
| Итого | | | 1056,11 |

14.3 Расчет затрат на заработную плату персонала

В затраты на заработную плату входит прямая заработная плата (ПЗП) инженерно - технических работников, непосредственно участвовавших в выполнении работ, связанных с проектированием системы автоматизации механизма передвижения коксовыталькивателя (инженер проектировщик и консультант проекта). При расчете общего фонда заработной платы (ОФЗП) принимаем, что в месяце 22 рабочих дня. Длительность рабочего дня составляет 8 часов.

При расчете заработной платы инженера проектировщика учтем, что работа над проектом длилась 2 месяца, оклад составляет 12000 руб., над монтажом работали 2 человека и их оклад составлял 10000 руб., уральский коэффициент 15%.

Заработная плата по окладу рассчитывается по формуле:

$$Z_o = \frac{O}{T_{гр}} \cdot T_{ф}, \quad (77)$$

где О - оклад, руб.;

$T_{гр} = 22 \cdot 8 = 176$ - время работы по графику, ч;

$T_{ф} = 22 \cdot 8 = 176$ - фактическое время работы, ч.

Затраты на заработную плату персонала приведены в таблице 15.

Таблица 15 - Затраты на заработную плату персонала

| № п/п | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------------------------|-----------------------|---------------------|------------------|------------------|
| Участники проекта | Инженер проектировщик | Консультант проекта | Инженер наладчик | Инженер наладчик |
| Оклад (руб.) | 12000 | 20000 | 10000 | 10000 |
| Время участия в проекте(часов) | 352 | 32 | 352 | 352 |
| Заработная плата (руб.) | 24000 | 3636,4 | 20000 | 20000 |
| Премия (руб.) | 1920 | 363,64 | 1200 | 1200 |
| Коэффициент уральский (руб.) | 3888 | 600 | 3180 | 3180 |
| Итого за проект (руб.) | 29808 | 4600 | 24380 | 24380 |
| Итого (руб.) | 83168 | | | |

Премия рассчитывается по формуле:

$$P_{пр} = ЗП \cdot \frac{\%Пр}{100}, \quad (78)$$

где Пр - премия;

% Пр - премия в процентах. Для инженера проектировщика премия составляет восемь процентов, для консультанта проекта десять процентов, а для инженера наладчика шесть процентов.

Коэффициент уральский рассчитывается по формуле:

$$K_{ур} = (ЗП + Пр) \cdot \frac{\%K_{ур}}{100}, \quad (79)$$

где Кур - коэффициент уральский, % Кур - коэффициент уральский в процентах (15%).

Страховые взносы берутся в процентах от сумм основной и дополнительной заработной платы и складываются из фонда обязательного медицинского страхования (ФОМС), фонда социального страхования (ФСС) и фонда пенсионного страхования (ФПС). Проценты и суммы страховых взносов указаны в таблице 16 [19].

Таблица 16 - Расчетные материалы

| № п/п | Наименование | Величина | Величина |
|-------|--------------|----------|----------|
| | | в % | в рублях |
| 1 | ФОМС | 5,4 | 4487,4 |
| 2 | ФСС | 3,6 | 2991,6 |
| 3 | ФПС | 28 | 23268 |
| 4 | Итого | 37 | 30747 |

В таблице 16 величина страховых взносов в рублях показана суммарная для всех участников проекта.

14.4 Расчет амортизации оборудования

Амортизация - это стоимостное выражение износа.

Амортизация использованного оборудования вычисляется по формуле:

$$A = K_a \cdot \frac{\sum_{i=1}^m C_i \cdot Ч_i}{365}, \quad (80)$$

где: А - амортизационные отчисления;

K_a - коэффициент амортизации оборудования ($K_a=0,2$);

C_i - стоимость используемого оборудования (в рублях);

$Ч_i$ - число дней использования оборудования.

Величина амортизационных отчислений отображена в таблице 17.

Таблица 17 Амортизационные отчисления

| Наименование оборудования | С _і | Н _і | Амортизационные отчисления, рублей |
|---------------------------|----------------|----------------|------------------------------------|
| Компьютер | 30000 | 352 | 5787 |
| Принтер | 8000 | 3 | 13 |
| Итого | | | 5800 |

При разработке дипломной работы использовался доступ в интернет, для простоты расчета примем, что интернет использовался по времени столько же, сколько и оборудование (компьютер), тогда суммарная стоимость прочих расходов составляет 1200 рублей.

14.5 Расчет затрат на приобретение оборудования

Затраты на оборудование определяются по формуле:

$$M = K_{ТЗ} \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot Ц_{П_i}, \quad (81)$$

где $K_{ТЗ} = 4,5\%$ - коэффициент транспортно-заготовительных расходов;

m - номенклатура покупных изделий, шт.;

Π_i - количество покупных изделий i -ого наименования, шт.;

$Ц_{П_i}$ - цена единицы указанных изделий i -ого наименования, руб.

Затраты на прочие вспомогательные материалы составляют 10% от затрат на оборудование и рассчитываются по формуле:

$$M_{пр} = M \cdot 10\%, \quad (82)$$

Общие затраты на материалы определяются, как сумма затрат на основные и вспомогательные материалы по формуле:

$$M_{\square} = M + M_{пр}. \quad (83)$$

Затраты на оборудование приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Затраты на приобретение оборудования

| Наименование, тип, марка товара | Количество, шт. | Цена за единицу, руб. | Стоимость без учета Ктз | Стоимость с учетом Ктз |
|---|-----------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|
| Преобразователь частоты ACS 800-07-1500-7 | 1 | 1604760 | 1604760 | 1680183,7 |
| Программируемый контроллер Simatic S7-300 (модули ввода/вывода, блоки питания, программное обеспечение Step7) | 1 | 395854 | 395854 | 413667,4 |
| Ноутбук для пуско-наладочных работ | 1 | 12000 | 12000 | 12540 |
| Инструменты для монтажа (клеммы, зажимы, спец. инструмент) | 1 | 8000 | 8000 | 8360 |
| Потенциометр M22-R10K | 1 | 1215 | 1215 | 1162,7 |
| Шкаф для размещения оборудования ИКЕ | 1 | 7000 | 7000 | 7315 |
| Контактор AF16-40-00-13 4-х полюсный | 1 | 1699,88 | 1699,88 | 1778,4 |
| Выключатель-разъединитель Tmax T8D 2000 4p F F | 1 | 180198 | 180198 | 261287,1 |
| Вентилятор 500Вт, 220В | 1 | 3450,1 | 3450,1 | 3605,3 |
| Кнопка пуск BBT20-ABLFS-R06 | 1 | 107 | 107 | 111,8 |
| Блок питания S8VS-06024 | 1 | 4440 | 4440 | 4648,7 |
| Автомат 2-полюсной S202 CIO | 1 | 959,83 | 959,83 | 1003 |
| Кнопка стоп BBT40-SB7-K04 | 1 | 107 | 107 | 111,8 |

Продолжение таблицы 18

| | |
|--|------------------|
| Итого | 2395775 |
| Прочие расходные материалы, 10% | 239577,5 |
| Итого | 2635352,4 |

14.6 Смета всех затрат на проект отображена в таблице 19

Таблица 19 - Смета затрат

| № п/п | Элементы затрат | Суммарная стоимость |
|--------------|--|---------------------|
| 1 | Материальные затраты на проектирование, руб. | 1056,11 |
| 2 | Приобретение оборудования, руб. | 2635352,4 |
| 3 | Зарботная плата персонала, руб. | 83168 |
| 4 | Страховые взносы, руб. | 30747 |
| 5 | Амортизационные отчисления | 5800 |
| Итого | | 2756123,5 |

14.7 Расчет срока окупаемости:

Произведем расчет срока окупаемости нового электрооборудования буровой лебедки за счет годовой экономии на внеплановые ремонты устаревшего.

При установке нового оборудования планируется снизить количество внеплановых ремонтов в год с прежних 10-12 до 5-7. Стоимость одного внепланового ремонта различна. В среднем она составляет около 55000 руб. Таким образом, срок окупаемости рассчитаем по следующей формуле [19]:

$$T_{ок} = \frac{ПЗ}{Э_{Г}} = \frac{ПЗ}{n_{РЕМ} \cdot C_{ИРЕМ}}, \quad (84)$$

где $n_{РЕМ}$ - число внеплановых ремонтов за год,

$C_{ИРЕМ}$ - стоимость одного внепланового ремонта.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | 140400.2016.125.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 116 |
| | | | | | | 16 |

Срок окупаемости составит:

$$T_{ок} = \frac{2756123,5}{6 \cdot 55000} = 2,8$$

Вывод: таким образом, на модернизацию электропривода и системы автоматизации буровой лебедки, необходимо выделить 2 756 123,5 рублей. При этом можно сделать вывод, что наш проект выгоден с точки зрения экономики.

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 117 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | 140400.2016.125.00 ПЗ | | | | |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненного проекта спроектирована современная система электропривода «Преобразователь Частоты - Асинхронный Двигатель», управляемая с помощью системы высшего уровня - контроллера.

На основании требований, предъявляемых к электроприводу технического задания была разработана структурная схема системы электропривода, а затем качественный выбор ее основных элементов.

Механизм подъема буровой лебедки приводиться в движение асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором серии AFD432LC6 (ООО «КранРос»). Выбор двигателя произведен на основании расчетов моментов статических сопротивлений и расчета мощности, с дальнейшей проверкой по нагреву и производительности. Параметры выбранного двигателя аналогичны с нынешнем двигателем находящегося на производстве.

В качестве системы управления электроприводом был выбран преобразователь частоты типа ACS800-07-1500-7. Данный преобразователь обеспечивает плавный разгон, торможение двигателя, изменением частоты, величины напряжения и порядка чередования фаз выходного напряжения. На основе выбранного оборудования разработана принципиальная электрическая схема.

Управление преобразователем частоты, диагностика и обработка сигналов состояния преобразователей частоты и параметров работы механизмов буровой лебедки реализовано на основе программируемого логического контроллера Simatic S7-300. Применение данного программируемого контроллера позволяет контролировать процесс работы и сократить время на поиск неисправностей. Выбор ПЛК произведен на основании технико - экономических параметров. Связь между преобразователями частоты и контроллером осуществляется по сети Profibus DP.

Безопасное обслуживание и эксплуатация достигается соблюдением всех норм техники безопасности, представленных в разделе техники безопасности

(Проектирование велось с учетом ПУЭ, ПБ и ГОСТ). Были обеспечены все виды необходимых защит, контроль изоляции зануления и заземления.

В экономической части дипломного проекта выполнен расчет затрат на проектирование и монтаж механизма буровой лебедки, что составило:

2 756 123, 5 рублей.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | 140400.2016.125.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 119 |

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аппаратные и программные средства АСУ ТП.
2. Блантер, С. Г., Суд И. И. Электрооборудование нефтяной и газовой промышленности. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., Недра, 1980,478с.
3. Борисов, А.М. Автоматизация технологических процессов (технические средства, проектирование, лабораторный практикум): Учебное пособие./ Н.Е. Лях - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2001. - Ч. 1. - 404 с.
4. ГОСТ 12.1.003 - Шум. Общие требования безопасности.
5. ГОСТ 12.2.141 - Оборудование буровое наземное. Требования безопасности
6. ГОСТ 12.0.002 - 80 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы.
7. ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования безопасности.
8. ГОСТ 12.1.012 ССБТ. Вибрация. Общие требования безопасности.
9. ГОСТ 28173 Машины электрические вращающиеся. Номинальные данные и рабочие характеристики
10. Драчёв Г. И. Теория электропривода: Учебное пособие к курсовому проектированию. - Челябинск: Изд. ЮурГУ, 1998. - 160с.
11. Драчев, Г.И. Теория электропривода. Примеры расчетов: Учебное пособие для студентов/ Г.И. Драчев, А.Н. Шишков, С.М. Бутаков и др. - Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2010.- 192 с.
12. Ильский, А. Л. Расчет и конструирование бурового оборудования. Учеб. Пособие для вузов. / Ю.В. Миронов, А.Г. Чернобыльский. - М.: Недра, 1985. - 425с.
13. Каталог продукции ООО «АББ Индустри и Стройтехника» - Россия, 117861, г. Москва: e-mail: ruibs(a)ru. abb, сот, <http://www.abb.ru/ibs> - 310с.
14. ГОСТ 26-02-807 - 73 Основные параметры буровых установок.
15. Программируемый контроллер Simatic S7-300. Руководство по работе и программированию.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | 140400.2016.125.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 120 |

16. Сыромятников И. А. Режимы работы асинхронных и синхронных двигателей/Под редакцией Л. Г. Мамиконянца. - 4-е издание, переработанное и дополненное - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 240 с.

17. Установка буровая «Уралмаш - БУ 4500/270 ЭК-БМ» Электрооборудование, техническое описание и инструкция по эксплуатации. - ПО «Уралмаш» ОГК ЭПА, 1984. - 127с.

18. Усынин Ю.С. Системы управления электроприводов: Учеб, пособие. - Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2001. - 358 с.

19. Экономика предприятия: Учебник / Под редакцией профессора Н. А. Сафронова. - М.: Юристъ, 2002. - 608с.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | 140400.2016.125.00 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 121 |