

Коновалов Юрий Васильевич,
к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: yrvaskon@mail.ru

Вайгачёв Антон Евгеньевич,
обучающийся, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: vaygachev_anton@bk.ru

Величко Максим Александрович,
обучающийся, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: maksimvelichko1998@mail.ru

Истратов Роман Сергеевич,
обучающийся, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: cp888t138rus@gmail.com

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ СОВРЕМЕННОЙ БУРОВОЙ УСТАНОВКИ

Konovarov Yu.V., Vaygachev A.E., Velichko M.A., Istratov R.S.

ELECTRICAL SUPPLY AND ELECTRICAL EQUIPMENT OF MODERN DRILLING RIG

Аннотация: С точки зрения повышения энергоэффективности рассмотрены новые функции современных буровых установок, заключающиеся во внедрении диспетчерского управления, сбора, обработки, отображения и архивирования информации, оснащении устройствами микропроцессорной релейной защиты высоковольтных трансформаторов, комплектными транзисторными устройствами управления электроприводами, системой контроля параметров процесса бурения.

Ключевые слова: электроснабжение, буровые установки, управление, регулируемые электропривода.

Abstract: From the point of view of improving energy efficiency, new functions of modern drilling rigs are considered, which include the introduction of supervisory control, collection, processing, display and archiving of information, equipping microprocessor relay protection devices for high-voltage transformers, complete transistor devices for controlling electric drives, and a system for monitoring drilling process parameters.

Keywords: power supply, drilling rigs, control, adjustable electric drives.

Одной из тенденций развития промышленности является освоение месторождений энергетических ресурсов в труднодоступных и удаленных местах их залегания. Разведкой, добычей, транспортировкой и переработкой, жидких, газообразных и твердых сырьевых ресурсов занимаются предприятия минерально-сырьевого комплекса [1, 2, 3]. В настоящее время осуществляется активная разработка нефтяной части нефтегазоконденсатных месторождений (НГКМ) Крайнего Севера. Основные сложности и особенности при их разработке определяются совместным залеганием в пласте нефти и газа, которые различаются по компонентному составу и физическим свойствам. При разработке нефтенасыщенной зоны происходит вторжение газа в нефтяную часть пласта с последующим его прорывом к забоям нефтяных скважин. К

основной задаче при разработке нефтегазоконденсатных залежей можно отнести рациональный выбор метода их разработки. Этот выбор сопряжен с большим объемом буровых работ, эффективность которых в значительной степени определяется применением современного оборудования. Для выполнения буровых работ на НГКМ в условиях Крайнего Севера в настоящее время широко применяются буровые установки БУ-5000/320 ЭК-БМЧ производства завода Уралмаш Холдинг (Россия) [4, 5, 6]. Внешний вид этой буровой установки приведен на рисунке 1. Они заменяют буровые установки БУ-3000 ЭУК 1М Уралмаш (Россия), которые имели следующие недостатки:

- относительно небольшая глубина бурения;
- отсутствие возможности регулирования частоты вращения двигателей главных приводов: буровой лебедки, буровых насосов, бурового ротора;
- приводные двигатели этих механизмов запускаются прямым подключением к сети, что вызывает просадки напряжения от больших пусковых токов;
- совмещенный привод буровой лебедки и ротора от одного двигателя через цепную передачу.



Рисунок 1 – Внешний вид буровой установки БУ-5000/320 ЭК-БМЧ

Современные буровые установки по сравнению с применяемыми ранее имеют следующие особенности и достоинства:

- большая глубина бурения;
- регулирование частоты вращения электродвигателей главных приводов в диапазоне от 0 до 100% за счет применения частотно-регулируемых систем управления электроприводами;
- наличие цифровой системы непрерывной диагностики оборудования и поиска неисправностей, диспетчерского управления, сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте управления SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition).

Оборудование, обеспечивающее электроснабжение буровой установки, отличается современным исполнением и возможностью дистанционного контроля и управления. На рисунке 2 приведена однолинейная схема силовых цепей системы электроснабжения буровой установки, а на рисунке 3 приведен кадр сенсорного монитора управления, расположенного в шкафу основного контроллера, с этой же схемой электроснабжения.

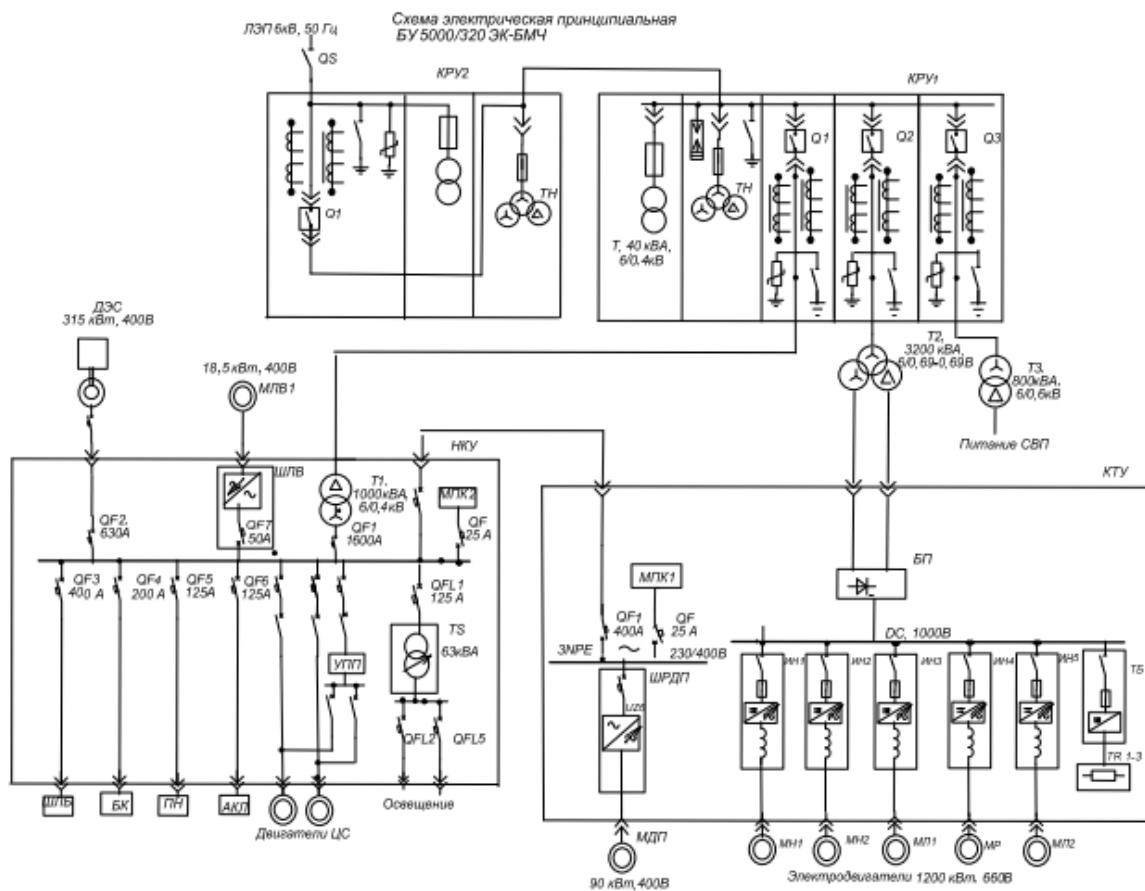


Рисунок 2 – Однолинейная схема силовых цепей системы электроснабжения буровой установки

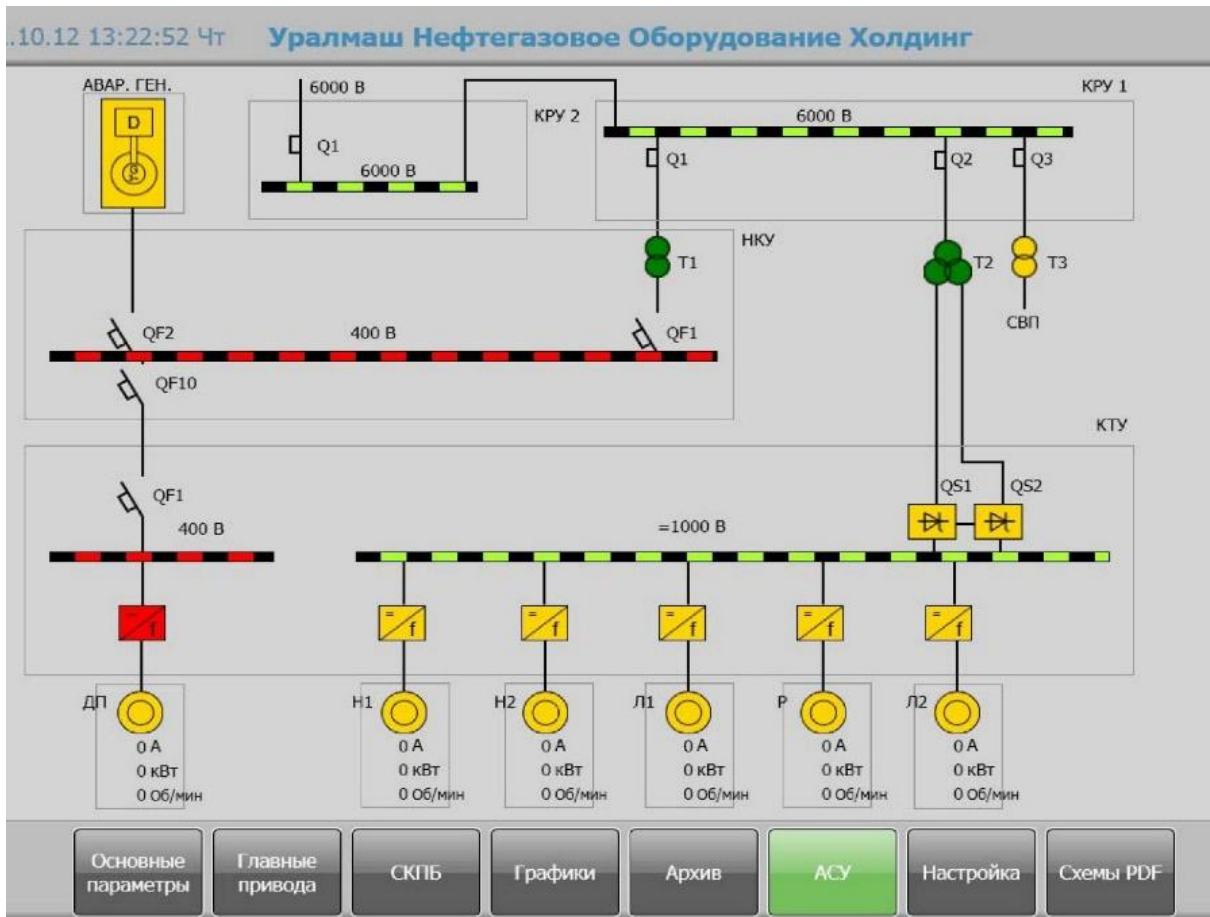


Рисунок 3 – Схема электроснабжения буровой установки с монитора управления

Состав электрооборудования буровой установки включает в себя:

- комплектное распределительное устройство (КРУ) 6 кВ, которое служит для распределения электроэнергии от питающей сети на основные трансформаторы;
- комплектное транзисторное устройство (КТУ) 0,69 кВ для регулирования частоты вращения электродвигателей главных приводов;
- автоматизированная система управления (АСУ) буровой установки;
- низковольтное комплектное устройство (НКУ) 0,4 кВ для распределения электроэнергии потребителям напряжения 0,4 кВ;
- трех основных трансформаторов на напряжения 6/0,69 кВ для питания КТУ, на напряжения 6/0,4 кВ для питания НКУ, и на напряжения 6/0,69 кВ для питания системы верхнего привода;
- аварийное электроснабжение;
- система контроля параметров бурения.

Комплектное распределительное устройство предназначено для приема и распределения электрической энергии напряжением 6 кВ, защиты и дистанционного управления высоковольтными потребителями буровой

установки с питанием от промышленной сети или автономного источника. КРУ выполнено на базе шкафов серии К-59 БР, или аналогичных им, с выкатными элементами на базе высоковольтных вакуумных выключателей ВВ/TEL-6-12,5/630-УХЛ2.

В целях предотвращения неправильных операций при проведении ремонтно-профилактических и других работ в КРУ имеются все необходимые блокировки.

Для преобразования электроэнергии в КРУ размещены следующие силовые трансформаторы:

1. Трансформатор Т1 питания потребителей на напряжения 6/0,4 кВ, мощностью 1000 кВА.

2. Трансформатор Т2 сухой преобразовательный с расщепленной вентильной обмоткой типа ТРСЗП-3200/6 Б УХЛ 1 на напряжения 6/0,69 кВ, мощностью 3200 кВА. Предназначен для питания общего выпрямителя частотных преобразователей главных приводов буровой установки по 12-ти импульсной схеме выпрямления.

3. Трансформатор Т3 питания системы верхнего привода на напряжения 6/0,69 кВ, мощностью 800 кВА. Трансформатор сухой, трехобмоточный, первичная обмотка выполнена по схеме звезда, вторичная разделена на две обмотки соединенных по схеме звезда и треугольник. Такая схема реализована для питания 12-ти импульсного выпрямительного модуля преобразователей частоты системы верхнего привода.

Все преобразовательное оборудование с системами управления главных приводов буровой установки представляет собой комплектное транзисторное устройство управления приводами на напряжение 0,69 кВ. Напряжение с вторичных обмоток трансформатора Т2 подводится к КТУ, где подается на входы 12-ти импульсного диодного блока питания QS1 и QS2. Блок питания по силовому постоянному выходу включен на шины постоянного тока, от которых получают питание приводные инверторы всех главных приводов.

Электропривод главных механизмов буровой установки (буровой лебедки, буровых насосов и бурового ротора) частотно регулируемый и выполнен на базе асинхронных трехфазных двигателей с короткозамкнутым ротором. Управление двигателями осуществляется по системе ШИМ-АИН-АД. Характерной особенностью системы ШИМ-АИН является наличие выпрямителя, который выпрямляет трехфазный переменный ток и питает промежуточную цепь постоянного тока. От промежуточной цепи постоянного тока питается приводной блок (инвертор), который питает двигатель привода. К промежуточной цепи может быть подключен один приводной блок (одиночный привод) или несколько приводных блоков (многодвигательный привод).

Силовая часть главных приводов буровой установки выполнена в виде многодвигательного привода с общим для всех главных приводов

выпрямителем, от которого получают питание индивидуальные для каждого двигателя автономные инверторы напряжения.

На силовые входы по переменному току 12-ти импульсного диодного выпрямителя подаются две системы трехфазных напряжений 0,69 кВ от преобразовательного трансформатора, сдвинутые между собой на угол 30° .

По силовому постоянному выходу 12-ти импульсный диодный блок питания включен на шины постоянного тока, к которым подключены приводные блоки (инверторы) всех главных приводов буровой установки.

Применение общего выпрямителя для всех главных приводов буровой установки создает наиболее выгодную системную конструкцию, кроме того, уменьшается расход электроэнергии, расходы на прокладку кабелей, монтаж и обслуживание.

На входах приводных блоков установлены емкостные фильтры. Для исключения больших бросков тока при включении приводных блоков применена схема зарядки конденсаторов. Процедура зарядки конденсаторов фильтров осуществляется автоматически.

Автоматизированная система управления буровой установкой предназначена для управления приводами главных механизмов и относящимися к ним пневматическими приводами, приводами смазки и вентиляции в ручном и полуавтоматическом режимах. АСУ хранит информацию об отказах оборудования, во время неисправностей выводит ее на экран, ведет графики параметров и работы оборудования.

АСУ состоит из следующих основных устройств:

- шкафа с микропроцессорным контроллером;
- оборудования системы АСУ, устанавливаемых в кабине бурильщика двух сенсорных взрывозащищенных компьютеров;
- пульта управления буровыми насосами и входящими в него активными клеммниками;
- шкафа с активными клеммниками лебедочного блока;
- шкафа с активными клеммниками, установленного в НКУ.

Все устройства, входящие в АСУ, включены в единую информационную сеть Industrial Ethernet. Системы управления главными приводами также входят в состав АСУ.

Низковольтное комплектное устройство 0,4 кВ включает в себя коммутирующую и пусковую аппаратуру на напряжение 0,4 кВ. Потребители на напряжение 230/400 В (вспомогательные механизмы) буровой установки получают питание от силового сухого трансформатора типа ТСЗ 1000/6, мощностью 1000 кВА, напряжения 6/0,4 кВ.

Функционально вспомогательные приводы подразделяются на:

- приводы механизмов обслуживающие главные привода и механизмы буровой установки (вентиляторы двигателей привода буровой лебедки,

привода буровых насосов и ротора, привода насосов смазки буровой лебедки и буровых насосов, нагреватели приводных двигателей переменного тока);

- приводы механизмов обеспечения работы буровой установки в целом (вспомогательная лебедка, компрессоры, система обогрева, насосы откачки и др.);

- приводы механизмов системы приготовления и очистки бурового раствора.

Дополнительно на буровой установке имеется система освещения, приборы громкоговорящей связи, телевизионная система.

Для плавного пуска асинхронных двигателей мощностью 30 кВт и более в НКУ предусмотрены устройства плавного пуска УПП1 и УПП2. От УПП1 предусмотрен пуск двух двигателей подпорных насосов мощностью по 55 кВт и двух двигателей насосов откачки бурового раствора мощностью по 30 кВт. От УПП2 предусмотрен пуск двигателя насоса илоотделителя и пуск двигателя насоса пескоотделителя мощностью по 55 кВт и пуск двигателей насосов воронки № 1 и воронки № 2 мощностью по 75 кВт. От УПП1 и УПП2 может производиться плавный пуск четырех двигателей. Пуск двигателей от каждого пускового устройства осуществляется по очереди. Кроме плавного пуска для каждого двигателя предусмотрен прямой пуск. Выбор режима пуска каждого двигателя плавный или прямой производится соответствующими переключателями, установленными в НКУ. Алгоритм пуска всех двигателей, за исключением пуска двигателей подпорных насосов, одинаковый.

Для аварийного электроснабжения буровой установки при отключении основного источника электроснабжения имеется дизельная электростанция мощностью 315 кВт на напряжение 400 В.

В состав буровой установки входит система контроля параметров процесса бурения (СКПБ) типа ТМ КУБ. Это информационная система, предназначенная для мониторинга процесса бурения. Система использует комбинацию опробованных технологий, обеспечивает надежный контроль параметров бурения, отображает точную информацию по требуемым параметрам операций при бурении нефтегазовых скважин. Интерфейс системы ТМ КУБ интегрирован в интерфейс автоматизированной системы управления буровой установки с передачей данных по протоколу Ethernet. Интеграция проведена на уровне совместного представления данных СКПБ и АСУ на сенсорном компьютере бурильщика. На рисунке 4 представлен кадр с монитора системы SCADA, отображающий информацию по приводу буровой лебедки. Буровая лебедка предназначена для спускоподъемных операций бурового инструмента в скважину. Осуществляется от двух электродвигателей с короткозамкнутым ротором мощностью 1200 кВт, синхронной частотой вращения 1500 об/мин, напряжением 690 В. Питание двигателей производится от

преобразователей частоты, что позволяет регулировать скорость в диапазоне от 1 до 1500 об/мин. Лебедка может поднимать вес до 320 т.



Рисунок 4 – Кадр с монитора системы SCADA, отображающего информацию по приводу буровой лебедки

Система ТМ КУБ обеспечивает следующие функциональные возможности:

- измерение, регистрацию и индикацию параметров технологического процесса бурения при строительстве скважины; формирование сигнала обратной связи для работы регулятора подачи долота; коммутацию внешних электрических цепей управления и сигнализацию при достижении пороговых значений контролируемых параметров;
- цифровое, графическое или мнемострелочное отображение данных на сенсорном мониторе бурильщика посредством АСУ буровой установки, в режиме реального времени (пример на рисунке 4);
- точное отображение производимых прямых измерений в режиме реального времени, а также производится автоматический расчет косвенных параметров (механическая скорость проходки и пр.).
- автоматизация технологических отчетов.

Таким образом, для повышения эффективности буровых работ, в современные буровые установки закладываются функции диспетчерского управления, сбора, обработки, отображения и архивирования информации SCADA, буровые установки оснащаются устройствами микропроцессорной релейной защиты высоковольтных трансформаторов, комплектными транзисторными устройствами управления электроприводами, автоматизированными системами управления и контроля параметров процесса бурения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамович Б.Н., Сычев Ю.А. Проблемы обеспечения энергетической безопасности предприятий минерально-сырьевого комплекса // Записки Горного института. Т. 217. 2016. С. 132-139.

2. Табачникова, Т.В. Сравнительный анализ энергетических эксплуатационных параметров электротехнических комплексов добывающих скважин с различными видами насосных установок / Д.Н. Нурбосынов, Л.В. Швецкова, Э.Д. Нурбосынов // Ежемесячный производственно - технический журнал "Промышленная энергетика". - 2013. - №4. - С.35-37.

3. Крюков А.В., Коновалов Ю.В. Применение интеллектуальных технологий для электротехнических комплексов на нефтегазодобывающих предприятиях // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. Ангарск: Изд-во АГТУ, 2018. С. 162-169.

4. Установка буровая Уралмаш 5000/320 ЭК-БМЧ. Электрооборудование. Руководство по эксплуатации. 54002.04.000 РЭ // Екатеринбург: ООО «Уралмаш НГО Холдинг», 2014. 92 с.

5. Установка буровая Уралмаш 5000/320 ЭК-БМЧ. Автоматизированная система управления (АСУ). Руководство по эксплуатации. 54002.03.000 РЭ.4 // Екатеринбург: ООО «Уралмаш НГО Холдинг», 2014. 81 с.

6. Система контроля параметров бурения ТМ-КУБ. Руководство по эксплуатации. ГТША 0.278.001 РЭ // Томск: ОАО НПФ «ТЕТРАН», 2013. 26 с.