

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ И ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕ

УДК-622.276.53:681.3

© Енекеева Э.Р., Емекеев А.А.,
Ахметов Р.Р., Якунин А.Н., 2013

ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ МЕХАНИЗМОВ ДОБЫЧИ НЕФТИ

Э.Р. Енекеева, А.А. Емекеев, Р.Р. Ахметов, А.Н. Якунин

Альметьевский государственный нефтяной институт, Альметьевск, Россия

Описывается один из автоматизированных методов управления электроприводом. Главными целями являются максимальное повышение производительности и снижение потребления электроэнергии, что достигается автоматизированной системой управления технологическим процессом.

Рассматриваются упрощенная и сложная структуры системы управления механизмами. Отмечается, что на сегодняшний день недостаточно применения только упрощенной структуры управления. Необходимо использовать сложную структуру, которая заключается в применении новой станции управления для куста скважин независимо от типа механизма. Данная станция должна быть автоматизированной и конструктивно неизменной на уровне технологического оборудования. Единственной переменной в данной станции будет только программное обеспечение для того или иного механизма с большой библиотекой программных средств, с помощью которых можно решать многие функциональные задачи управления технологическим оборудованием разного производственного назначения, что, в свою очередь, приведет к мобильности этой станции. За основу построения современной автоматизированной станции управления берется электропривод длинноходной насосной установки.

Отмечается, что при использовании микропроцессорной системы управления в системе электропривода с преобразователем частоты достигаются высокие показатели качества регулирования скорости электродвигателя, что приведет к снижению потребления электроэнергии, связанной с оптимальным управлением электроприводом, и к компенсации реактивной мощности и снижению пусковых токов при осуществлении реверса.

Ключевые слова: длинноходная насосная установка, частотный преобразователь, микропроцессорный контроллер, электропривод, электродвигатель, станок-качалка, автоматизированная система управления, полевой контроллер, полированный шток, контрольно-измерительные приборы, скважина, автоматизированный электропривод, интерфейс, программное обеспечение, высоковязкая и высокогазированная нефть.

THE CONSTRUCTION PRINCIPLE OF ELECTRIC MECHANISMS AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF OIL PRODUCTION

E.R. Enekeeva, A.A. Emekeev, R.R. Akhmetov, A.N. Iakunin

Almetyevsk State Oil Institute, Almetyevsk, Russia

One of the automated methods electric drive control is described. The main objectives are maximizing performance and reducing of electricity consumption, which is achieved by an automated control system for the process.

Simplified and complex structures of mechanisms control systems are considered. It is noted that to date is insufficient application of only simplified management structure. It is necessary to use a complex management structure which consists in applying a new control station for well cluster regardless of the type of mechanism. This station should be automated and structurally unchanged at technological equipment. The only variable in this station is the only software for one or another mechanism with a large library of software tools that can help you to solve many functional tasks for control of technological equipment of different production purposes, which in turn will lead to the mobility of this station. The basis for building a modern automated control station is taken long-stroke electric pump unit.

It is noted that using a microprocessor control system in the motor drive system with frequency converter high quality indicators of the electric drive speed control are achieved, resulting in reduced energy consumption associated with the optimal control electrical drive and in reactive power compensation and reducing the inrush current when implementing reverse.

Keywords: long-stroke pumping unit, frequency converter, microprocessor control, electric, motor, pumping unit, automated control system, field controller, polished rod, measuring instruments, well, automated electric drive, interface, software, highly viscous and highly carbonated oil.

Введение

Анализ мирового опыта создания нового и модернизации действующего технологического оборудования показывает высокую динамику развития регулируемых электроприводов с применением автоматизированной системы управления и использованием информационных средств, главными целями которого являются максимальное повышение производительности технологического оборудования и снижение потребления электроэнергии при сохранении качества производимой продукции [4, 6, 7].

Система управления механизмами может быть построена по упрощенной или по сложной структуре. Упрощенная структура – это наиболее часто применяемая в большинстве механизмов. Такая система имеет только щит управления без применения каких-либо автоматизированных систем управления на малодебитных скважинах, позволяющих лишь периодически проводить измерения технологических параметров на скважинах операторами с помощью переносных комплексов оборудования.

В настоящее время появляется необходимость использования также сложной структуры управления, которая заключается в применении новой станции управления для куста скважин независимо от типа механизма (будь то станок-качалка, длинноходная насосная установка, цепной привод или электровинтовой насос). Станцию необходимо осуществить автоматизированной и конструктивно неизменной на уровне технологического оборудования. Единственной переменной в данной станции может быть только программное обеспечение для того или иного механизма с большой библиотекой программных средств, с помощью которых можно решать многие функциональные задачи управления технологическим оборудованием разного производственного назначения, что, в свою очередь, приведет к мобильности станции управления.

Основой построения современной автоматизированной станции управления является электропривод длинноходной насосной установки (ДХНУ), разработанный на базе научно-образовательного центра Альметьевского государственного нефтяного института.

Принцип работы и преимущества длинноходной насосной установки

Принцип работы электропривода ДХНУ заключается в наматывании ленты барабана и сматывании ее в скважину с определенно заданными скоростью, интервалом перемещения плунжера, производительность которого зависит от скорости движения плунжера, длины его хода и уровнями жидкости в скважине в конце хода вверх или вниз, связанными с интенсивностью притока жидкости в скважину [2]. Возвратно-поступательное движение ленты с плунжером обеспечивает подъем жидкости на поверхность. Работа электропривода ДХНУ осуществляется путем реверсирования приводного электродвигателя [1, 8, 9, 10].

Производительность установки имеет прямую зависимость от скорости движения плунжера, длины его хода и интенсивности притока жидкости в скважину.

ДХНУ с гибким тяговым механизмом имеют ряд существенных особенностей, которые обуславливают высокие технико-экономические показатели эксплуатации скважин и широкую область применения по дебитам и напорам:

- неограниченная в пределах глубины скважин длина хода плунжера;

- применение в качестве штанг длинномерной высокопрочной ленты и замена толкания плунжера движением его под собственным весом дают возможность уменьшить износ плунжера пары [1].

Возможность обеспечения большой длины хода установки позволяет:

- многократно сократить число циклов работы, что увеличивает долговечность установки, так как отдалается наступление установки деталей;

– существенно снизить действие динамических сил;

– в несколько раз увеличить среднюю скорость движения плунжера, от которой зависит производительность установки [1].

Данный механизм добычи нефти разрабатывается для высоковязкой и высокогазированной нефти и имеет более сложное управление по сравнению с другими рассмотренными механизмами, применяемыми в Республике Татарстан (рис. 1).

В комплектацию ДХНУ входит цилиндрический редуктор 2, электродвигатель 1 и барабан 4. Если электродвигатель

и редуктор соединены муфтой, редуктор и барабан взаимосвязаны с помощью цепной передачи 3. Трос 5, намотанный на барабан, имеет ограниченную длину, которая зависит от длины хода плунжера 9. Канат при спуске и подъеме из добывающей скважины оснащен центратором, закрепленным в соответствии с положением оси скважины. Помимо основного электродвигателя 1 имеется также вспомогательный электродвигатель 13, предназначенный для размыкания тормозных колодок с помощью создания избыточного давления в гидравлической системе.

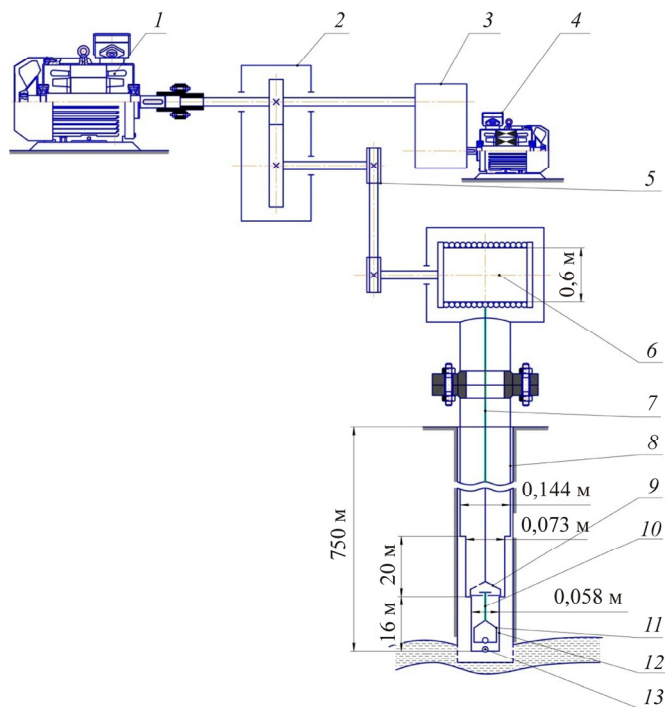


Рис. 1. Кинематическая схема электропривода: 1 – асинхронный электродвигатель основного привода; 2 – редуктор; 3 – цепная передача; 4 – барабан; 5 – трос; 6 – труба НКТ; 7 – направляющий центратор; 8 – колонна штанг; 9 – плунжер; 10 – цилиндры насоса; 11 – клапан всасывающий; 12 – гидравлическая тормозная система; 13 – асинхронный электродвигатель гидравлического редуктора

**Принцип построения
автоматизированной системы
управления длинноходной насосной
установки**

Современный подход к автоматизации процессов нефтедобычи диктует жесткие требования к программно-аппаратным комплексам контроля и управления штанговыми глубинными насосами (ШГН). Это обусловлено истощением ресурсов нефтяных пластов, высокой стоимостью электроэнергии, стремлением нефтяных компаний снизить затраты на ремонт скважин и более эффективно использовать свой персонал.

Если раньше технические средства управления позволяли лишь периодически проводить измерения технологических параметров на скважинах операторами при помощи переносных комплектов оборудования, то стационарно установленные на месторождениях современные микропроцессорные контроллеры делают возможным непрерывный автоматический их контроль. Применительно к скважинам, эксплуатируемым штанговыми глубинными насосами, это означает измерение таких технологических параметров, как динамический уровень, ваттметраграмма (зависимость потребляемой мощности от перемещения точки подвеса штанг), влияние газового фактора, давление на устье скважины, суточная производительность скважины и др. При этом функции управления должны обеспечивать дистанционное включение и отключение приводного электродвигателя, аварийное отключение установки, периодический режим эксплуатации, возможность изменения режима работы с одного алгоритма на другой, оптимальный, а также плавное и экономичное регулирование скорости вращения при помощи преобразователя частоты.

Использование современных интеллектуальных контроллеров обеспечивает решение таких задач, как автоматизация работы электропривода, оптимизация режимов работы оборудования, опера-

тивное выявление аварийных ситуаций и несоответствия режимов эксплуатации оборудования, оперативная передача информации о состоянии объекта на пульт оператора по системе телемеханики.

Системы телемеханики на сегодняшний день строятся, как правило, с использованием радиоканала, поэтому типичная станция управления включает в себя контроллер, силовой коммутатор для включения и отключения электродвигателя, радиомодем и набор датчиков технологических параметров. Отдельные станции управления имеют в своем составе преобразователи частоты для регулирования скорости вращения электродвигателя. По данной типичной станции управления была попытка создания станции управления с внедрением полевого контроллера с поддержкой протокола ТС/ИР и частотно-регулируемым электроприводом как опытного образца станции управления длинноходной насосной установки.

При первой опытной эксплуатации ДХНУ оправдала себя в работоспособности как насосное оборудование, но выявился главный недостаток – значительное потребление электроэнергии при реверсном движении. Если при эксплуатации одной ДХНУ произойдет лишь повышение потребления электроэнергии, то при работе большого количества данных насосов может произойти падение или возникнуть нестабильное значение напряжения на питающей линии электропередач. Категорически недопустима эксплуатация без применения новых технологий, а также внедрение автоматизированной системы управления и контроля технологическим процессом добычи нефти.

В автоматизированной системе управления рассматривались функциональные, аппаратные и программные средства обеспечения, повышающие надежность ее функционирования при возможных отказах оборудования и несовершенности действий персоналом (рис. 2).

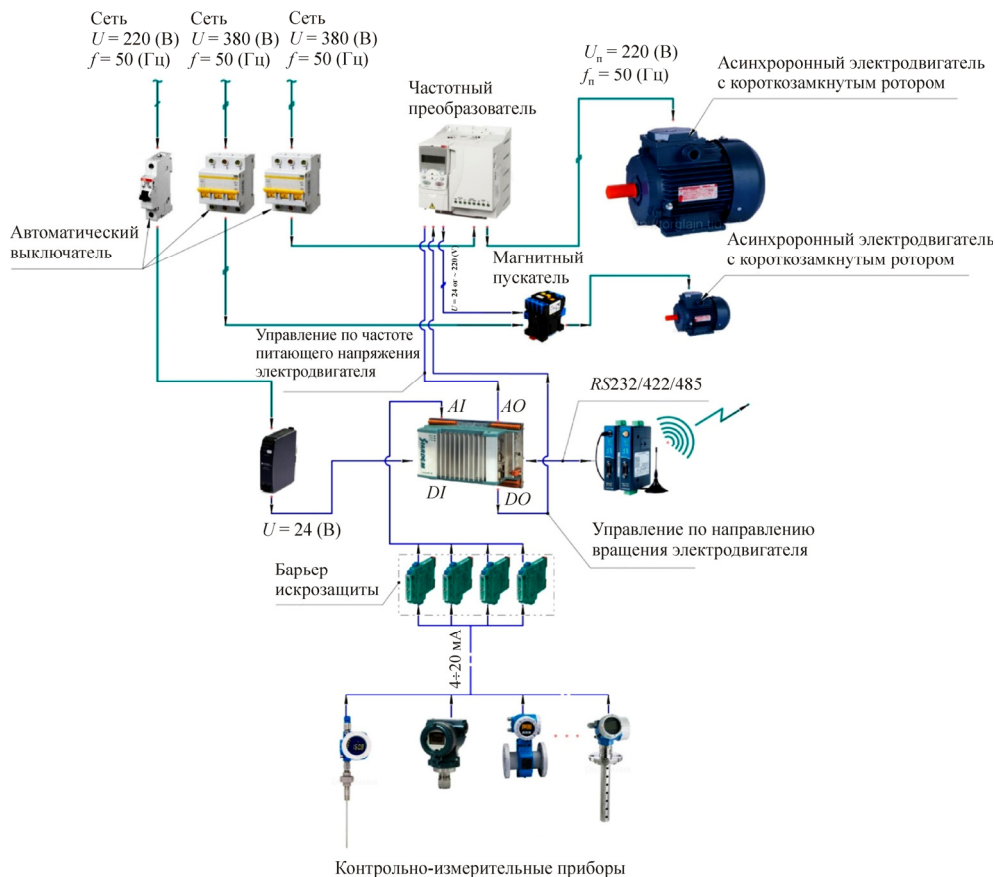


Рис. 2. Структурная схема автоматизированной системы управления электроприводом

К основным задачам построения автоматизированного электропривода ДХНУ относятся:

- применение регулируемого электропривода, который плавно изменяет угловую скорость вращения электродвигателя в больших диапазонах;
- построение автоматизированной системы с внедрением полевого контроллера управления.

За основу управления и контроля работы электропривода ДХНУ был взят полевой контроллер с микропроцессорной системой управления (СУ) Stardom типа FCJ производства YOKOGAWA, позиционируемой как система управления на сетевой основе и обеспечивающей высокую гибкость построения системы

управления. Его использование позволило на первоначальном этапе задать скорость и количество подъема/погружения за цикл, поддерживать постоянную линейную скорость и управлять работой установки в ручном и автоматическом режимах [13, 14, 15].

Stardom является готовой (коммерческой) системой (COTS), сокращающей общую стоимость оборудования. Stardom также предлагает новый способ управления и мониторинга с использованием в качестве интерфейса оператора веб-браузера. Это означает, что, какова бы ни была задача управления и мониторинга, она всегда и везде выполняется при наличии маломощного сетевого клиент-терминала в качестве готовой платформы.

Возможности контроллера Stardom типа FCJ:

– инженерное программирование поддерживает пять языков программирования по стандарту IEC61131-3. Это позволяет использовать язык, наиболее отвечающий целям каждого приложения, и дает возможность результативно развить такие упрощающие приложения, как обратная связь и последовательное управление;

– позволяет рационально и качественно сконфигурировать систему управления технологическим процессом;

– дает возможность иметь многостороннюю связь с другими автономными контроллерами или другим оборудованием для оптимизации регулирующих воздействий;

– постоянное использование программного обеспечения многоцелевого сервера данных Versatile Data Server Software (VDS) позволяет создать систему с расширенными операциями и функциями мониторинга;

– OPC-сервер контроллеров FCJ для Windows позволяет осуществить доступ данных автономного контроллера FCJ от OPC-клиента (OLE для Process Control – управления процессом) на PC-компьютер.

Для обеспечения плавного и экономичного регулирования скорости электродвигателя ДХНУ возникает необходимость применить преобразователь частоты (ПЧ), который осуществляет множество функций в сфере регулирования самого электропривода и контроля параметров электродвигателя, способствуя отказу от применения редукторов, вариаторов и иной механической регулирующей аппаратуры. Раньше часто использовали схемы подключения и управления с помощью магнитных пускателей, реле времени и подобной коммутационной аппаратуры, которая занимала существенно большой объем рабочего места. Частотный преобразователь имеет огромные преимущества как по габаритным размерам, так и по функциональным возможностям управления [3].

Комплектные частотно-управляемые электроприводы с преобразователями частоты АВВ позволяют оптимизировать работу механизмов в различных режимах работы и обеспечивают:

– минимизацию энергопотребления при регулировании скорости электродвигателя;

– плавный пуск электропривода;

– бесступенчатое регулирование скорости;

– работу механизма с любой требуемой скоростью;

– бесконтактный реверс;

– высокие энергетические показатели.

Благодаря высокому коэффициенту мощности преобразователей частоты (порядка 98 %) частотно-регулируемый электропривод не требует дополнительного применения устройств компенсации реактивной мощности. Ведь на сегодняшний день компенсация реактивной мощности остается актуальной задачей, так как основными потребителями являются (около 60 %) асинхронные электродвигатели. При работе электродвигателя переменный магнитный поток связан с обмотками, вследствие чего в них при протекании переменного тока индуцируются реактивные ЭДС, обуславливающие сдвиг по фазе между напряжением и током. Если электродвигатель при работе остается малонагруженным, что возникает при спуске полированного штока ДХНУ, то вследствие увеличения сдвига фаз $\cos\phi$ уменьшается. Если при полной нагрузке $\cos\phi$ электродвигателя составляет 0,75–0,83, то при малой нагрузке он уменьшается до 0,3–0,4, что приводит к существенным потерям электроэнергии. С компенсацией реактивной мощности снижается ток, потребляемый из сети, и тем самым уменьшается нагрев проводящих проводов. Кроме того, реактивная мощность наряду с активной мощностью учитывается поставщиком электроэнергии, а следовательно, подлежит оплате.

Кроме того, применение частотно-управляемых электроприводов с преоб-

разователями частоты обеспечивает уменьшение пусковых токов, улучшение в целом динамики работы электропривода, уменьшение износа механических звеньев, увеличение срока службы технологических установок, дает широкие возможности для автоматизации технологического процесса на современном уровне.

Но все же главный выбор в сторону преобразователя частоты (помимо регулирования частоты выходного напряжения) основан на его функциональных возможностях: возможность контроля над рабочими параметрами электропривода и дистанционного или автоматизированного управления технологическим процессом электропривода с помощью встроенных цифровых и аналоговых входов, шин Fieldbus, физических интерфейсов RS, CAN и USB.

Электропривод большинства механизмов добычи нефти осуществляет вращение только в одном направлении, тогда как электропривод длинноходной насосной установки требует реверсирования и регулирования частоты вращения вала электродвигателя при помощи ПЧ в случаях подъема и спуска полированного штока.

Команды пуска, останова и направления вращения, а также задания могут поступать в привод с панели управления или через цифровые и аналоговые входы. Встроенная шина Fieldbus или дополнительный интерфейсный модуль Fieldbus позволят управлять приводом по открытой линии связи Fieldbus. На первоначальном этапе для управления приводом ДХНУ была сделана попытка создания модели привода в лаборатории Альметьевского государственного нефтяного института с использованием персонального компьютера с помощью инструментальной программы DriveWindow Light 2.

Информация о протекании технологического процесса работы ДХНУ с аналоговых и дискретных датчиков считывается техническими средствами нижне-

го уровня удаленных полевых контроллеров, расположенных непосредственно на объекте. На первоначальном этапе был внедрен датчик оборота на тихоходном валу ДХНУ, с помощью которого осуществлялся контроль количества спуска/подъема. Учитывая данные параметры, запрограммированный преобразователь частоты принимает с помощью четырех цифровых входов от полевого контроллера логические единицы по встроенной шине Fieldbus для осуществления реверса и регулирования частоты вращения для подъема и спуска полированного штока, данные управления которого представлены в таблице. Причем когда первые два программируемых цифровых входа отвечали за пуск, торможение и осуществление реверса электродвигателя, последние два были запрограммированы на частоту вращения, равную 50, 25 и 15 Гц при подъеме, спуске и в предостановочном режиме соответственно.

Данные для управления электроприводом по шине Fieldbus

Функции управления ПЧ	Значение частоты напряжения на выходе ПЧ, Гц	Цифровые входы ПЧ			
		DI2	DI3	DI4	DI5
Стоп	0	0	0	0	0
		1	1	0	0
Спуск	25	0	1	1	0
Торможение назад	15	0	1	0	1
Пуск вперед	50	1	0	1	0
Торможение вперед	15	1	0	0	1

Взяв за пример опытно-эксплуатируемую ДХНУ и данные процесса управления, ее алгоритм управления электроприводом можно описать блочной схемой, которая представлена на рис. 3.

Рассмотрим упрощенно алгоритм управления ДХНУ. Плунжер ШГН спускают до нулевой точки, длина хода плунжера составляет 20 м. После чего про-

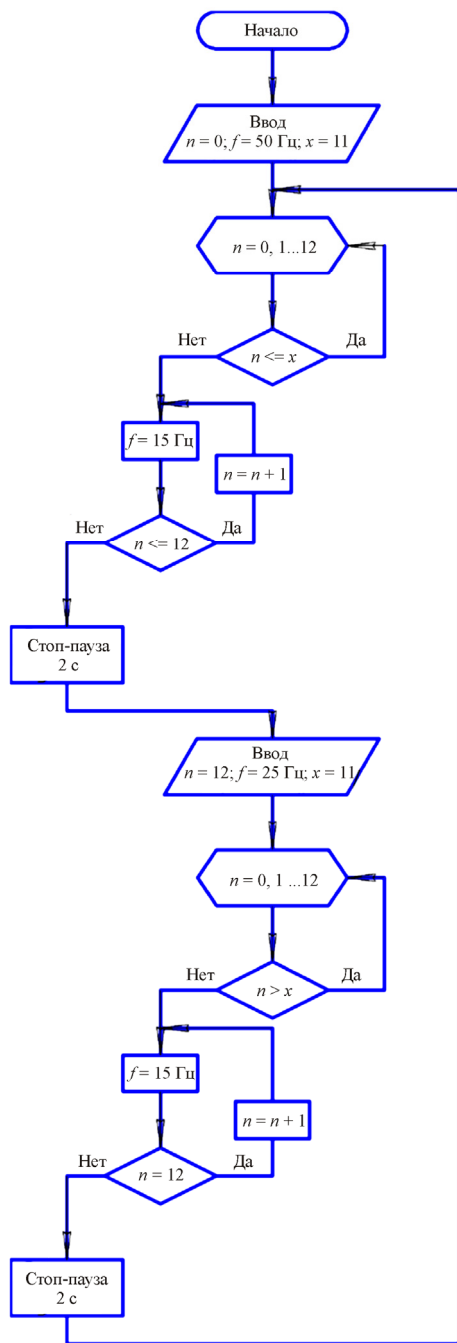


Рис. 3. Алгоритм управления электроприводом ДХНУ

исходит запуск контроллера, который подает сигнал логической единицы на

ПЧ, приводящий к запуску электродвигателя при частоте 50 Гц. Датчик оборотов, установленный на тихоходный вал электропривода, осуществляет считывание количества оборотов (общее количество составляет 12 оборотов) путем подачи единичных сигналов на цифровой вход данного контроллера. После того как контроллер учитывает 11 оборотов, на цифровой вход DI4 и DI5 подаются сочетающиеся сигналы логических нуля и единицы, соответствующие режиму 15 Гц – торможение электродвигателя. Тихоходный вал, сделав еще один оборот, заставляет выработать контроллером управляющие сигналы логических единиц на цифровые входы DI2 и DI3 частотного преобразователя, при котором электродвигатель останавливается. Сделав паузу 2 с, контроллер на цифровые входы частотного преобразователя DI2 и DI3 подает сигналы логических нуля и единицы, соответственно, на DI4 и DI5 подается единица и ноль, что, в свою очередь, приводит к реверсу электродвигателя с частотой вращения 25 Гц, после чего происходит аналогичный процесс.

Если для управления электроприводом и для учета числа оборотов применялись цифровые входы/выходы, то для контроля над режимом работы электропривода применяются аналоговые входы/выходы. Также не исключается возможность подключения аналоговых входов частотного преобразователя на аналоговые выходы контроллера.

Параллельно управлению электродвигателем с помощью встроенных шин Fieldbus осуществляется работа вспомогательного электродвигателя гидравлической системы торможения, напряжению которому подается напрямую из сети с помощью релейных выходов ПЧ, которые, в свою очередь, приводят в замкнутое/разомкнутое состояние ферромагнитный сердечник магнитного пускателя.

В дальнейшем необходимо решить следующие задачи: оптимизация режимов пуска и самозапуска группы элек-

тродвигателей ДХНУ при равных значениях напряжения питающей сети, а также внедрение дополнительных контрольно-измерительных приборов, включая датчики давления, вибродатчики, датчики тока и напряжения, а также датчики контроля состояния воздушной среды.

В связи с тем, что имеются большие расстояния между скважинами и основным сервером автоматизированной рабочей машины, возникает необходимость применения интернет-протокола GPRS для сотовых сетей, который позволяет экономить материальные и человеческие ресурсы, а также сохранить точность параметров измерения. Пакеты GPRS имеют форму IP. Данные последовательных интерфейсов RS-232/422/485 перед передачей должны быть преобразованы в TCP/IP, что удовлетворяет условиям современного полевого контроллера. Протокол довольно прост в реализации и не является закрытым. Этот факт дает возможность производителям различных контроллеров включать свои устройства в промышленную систему верхнего уровня. Использование сотовой связи данного стандарта позволит объекту моментально сообщить диспетчерскому пункту об изменении своего состояния. Кроме того, при использовании протокола GPRS помимо функции контроля объекта появляется дополнительная возможность голосовой связи оператора с диспетчером [11].

Сетью управления данной скважиной с помощью станции управления может быть любая сеть, работающая по протоколу TCP/IP с поддержанием пяти языков программирования по стандарту IEC61131-3.

Данная система не должна быть закрытой. Закрытые системы когда-то были настроены специалистами и не могут развиваться путем добавления новых объектов. Она должна иметь гибкость, что позволит увеличить ее информационную мощь, причем своими силами, т.е. силами специалистов заказчика.

Заключение

На сегодняшний день недостаточно показать состояние нефтедобычи диспетчеру. Хотелось бы видеть состояние промысла и иметь возможность им управлять с любого рабочего компьютера сети, из своего кабинета. Кроме того, хотелось бы, чтобы система не была закрытой, а позволяла каждому разрешенному пользователю на своем рабочем месте самому определять, как и что будет вычисляться и отображаться в виде отчетов. Ведь для технолога не так важны показания электрического тока или напряжения, число оборотов электродвигателя и тому подобные параметры, как для электроэнергетика данной отрасли.

Проектирование автоматизированного блока управления позволит более полно реализовать преимущества длинных насосных установок, а именно:

- задавать количество подъемов/погружений в цикле;
- задавать скорости каждого подъема/погружения в цикле;
- задавать глубины для каждого спуска в цикле;
- задавать время пауз в верхних и нижних точках каждого подъема/погружения в цикле;
- осуществлять самозапуск установки без участия оператора;
- поддерживать постоянной заданную линейную скорость подъема/погружения в цикле;
- управлять работой установки в ручном, автоматическом и дистанционном режимах [5].

Главной задачей автоматизированного управления становится рационализация станции управления электроприводом с учетом необходимости осуществления регулирования частоты с помощью МПСУ. Главной особенностью данной станции управления является не только возможность применения в области ДХНУ, но и регулирования большинства нерегулируемых (около 70 %) электро-

приводов, оснащенных асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором, с рабочим номинальным напряжением, равным 0,4 кВ, что, в свою очередь, придает мобильность данной станции.

Кроме того, при использовании микропроцессорной СУ в системе электро-

привода с ПЧ достигаются высокие показатели качества регулирования скорости электродвигателя, что приводит к снижению потребления электроэнергии, связанной с оптимальным управлением электроприводом, и к компенсации реактивной мощности и снижению пусковых токов при осуществлении реверса [12].

Список литературы

1. Белов М.П., Новиков В.А., Рассудов А.Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. – М.: Академия, 2007. – 576 с.
2. Москоленко В.В. Электрический привод. – М.: Академия, 2004. – 368 с.
3. Ключев В.И., Терехов В.М. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов: учеб. для вузов. – М.: Энергия, 2000. – 360 с.
4. Ковшов В.Д., Латыпов А.Ф., Светлаков С.В. Обзор современных станций управления ШГН отечественного производства // Инженерная практика. – 2011. – № 10. – С. 68–72.
5. Громаков Е.И. Автоматизация нефтегазовыми технологическими процессами: учеб.-метод. пособие. – Томск: Изд-во Том. политехн. ун-та, 2010. – 173 с.
6. Дудников В. Автоматизация нефтепромысла: от простого к сложному // Системная интеграция. Нефтегазовая промышленность. – 2005. – № 2. – С. 36–42.
7. Эксплуатация скважин с применением длинноходных насосных установок [Электронный ресурс]. – URL: <http://neftandgaz.ru/?p=283> (дата обращения: 10.11.2013).
8. Микропроцессорный блок управления длинноходовой насосной установкой добычи нефти О. Жугин, В. Калинин, Б. Сирота, В. Сорокин // Нефтегазовая промышленность. – 1999. – № 4. – С. 48–51.
9. Архипов К.И., Попов В.И., Попов И.В. Справочник по станкам-качалкам: монография. – Альметьевск, 2000.
10. Чаронов В.Я. Экономичные электроприводы для станков-качалок малодобитных скважин // Нефтяное хозяйство. – 1996. – № 12.
11. Дудников В., Вахрамеев Р. Автоматизация нефтепромысла: от простого к сложному // Нефтегазовая промышленность. – 2005. – С. 36–42.
12. Composite Catalog of Oil Field Equipment and Services / Published by World Oil. – 1968–1969. – Vol. 3. – P. 4211.
13. Analysis and Improve the Effective Work of the Conventional Pumping Unit / Y.B. Tomus, R.R. Akhmetov, A.N. Yakunin, E.R. Enekeeva, A.A. Emekeev // Eastern European Scientific Journal. – 2013. – P. 114–121.
14. Braslavsky I.Ya., Zuzev A.M., Shilin S.I. Adjustable Asynchronous Electric Drive with digital Control for transport storing System // Power Electronics Motion Control: International Conference. – Poland, 1994. – Vol. 1. – P. 84–86.
15. Odeh A.S. Comparison of Solutions to Three-Dimension Black-Oil Reservoir Simulation Problem // JPT. – 1981. – January. – Vol. 33. – P. 1325.

References

1. Belov M.P., Novikov V.A., Rassudov A.N. Avtomatizirovanniy elektroprivod tipovykh proizvodstvennykh mekhanizmov i tekhnologicheskikh kompleksov [Automated electric drive of typical production mechanisms and technological complexes]. Moscow: Akademiia, 2007. 576 p.
2. Moskolenko V.V. Elektricheskii privod [Electric drive]. Moscow: Nedra, 2004. 457 p.
3. Klyuchev V.I., Terekhov V.M. Elektroprivod i avtomatizatsiia obshchepromyshlennykh mekhanizmov [Electric drive and automation of general-purpose machinery]. Moscow: Energiia, 2000. 360 p.
4. Kovshov V.D., Latypov A.F., Svetlakov S.V. Obzor sovremennykh stantsii upravleniia ShGN otechestvennogo proizvodstva [Overview of modern control stations ShGN of domestic production]. *Inzhenernaia praktika*, 2011, no. 10, pp. 68–72.
5. Gromakov E.I. Avtomatizatsiya neftegazovymi tekhnologicheskimi processami [Automation of technological processes of oil and gas]. Tomskii politexnicheskij universitet, 2010. 173 p.

6. Dudnikov V. Avtomatizatsiia neftepromysla: ot prostogo k slozhnomu [Oilfield automation: from simple to complex]. *Neftegazovaia promyshlennost'*, 2005, no 2, pp. 36–42.

7. Ekspluatatsiia skvazhin s primeneniem dlinnokhodnykh nasosnykh ustanovok [Operation of wells using a long-stroke pumping units], available at: <http://neftandgaz.ru/?p=283> (accessed 14 May 2012).

8. Zhugin O., Kalintsev V., Sirota B., Sorokin V. Mikroprotsessornyi blok upravleniia dlinnokhodovoi nasosnoi ustanovkoi dobychi nefiti [Microprocessor block for controlling long-stroke oil pump installation]. *Neftegazovaia promyshlennost'*, 1999, no. 4, pp. 48–51, available at: <http://www.cta.ru/cms/f/366639.pdf>, (accessed 23 October 2012).

9. Arkhipov K.I., Popov V.I., Popov I.V. Spravochnik po stankam-kachalkam [Handbook of pumping unit]. Al'met'evsk, 2000. 356 p.

10. Charonov V.Ia. Ekonomichnye elektroprivody dlia stankov-kachalok malodebitnykh skvazhin [Economic electric drives for pumping units of marginal wells]. *Nef'tianoe khoziaistvo*, 1996, no. 12, pp. 45–49.

11. Dudnikov V., Vakhrameev R. Avtomatizatsiia neftepromysla: ot prostogo k slozhnomu [Oilfield automation: from simple to complex]. *Neftegazovaia promyshlennost'*, 2005, no. 8, pp. 36–42.

12. Composite Catalog of Oil Field Equipment and Services. *World Oil*, 1968–1969, vol. 3. 4211 p.

13. Tomus Y.B. Analysis and improve the effective work of the conventional pumping unit. *Eastern European Scientific Journal*, 2013, pp. 114–121.

14. Braslavsky I.Ya., Zuzev A.M., Shilin S.I. Adjustable Asynchronous Electric Drive with digital Control for transport storing System. *International Conference "Power Electronics Motion Control"*. Poland, 1994, vol. 1, pp. 84–86.

15. Odeh A.S. Comparison of Solutions to Three-Dimension Black-Oil Reservoir Simulation Problem. *JPT*. 1981, vol. 33, pp. 1325.

Об авторах

Енекеева Эльза Рашитовна (Альметьевск, Россия) – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры электроэнергетики Альметьевского государственного нефтяного института (423450, г. Альметьевск, ул. Ленина, 2; e-mail: anatol_ee@rambler.ru).

Емекеев Александр Александрович (Альметьевск, Россия) – кандидат химических наук, директор научно-образовательного центра Альметьевского государственного нефтяного института (423450, г. Альметьевск, ул. Ленина, 2; e-mail: emekeev@gmail.ru).

Ахметов Руслан Растамович (Альметьевск, Россия) – аспирант кафедры автоматизации и информационных технологий Альметьевского государственного нефтяного института (423450, г. Альметьевск, ул. Ленина, 2; e-mail: boss.ruslan116@mail.ru).

Якунин Анатолий Николаевич (Альметьевск, Россия) – старший преподаватель кафедры электроэнергетики Альметьевского государственного нефтяного института (423450, г. Альметьевск, ул. Ленина, 2; e-mail: anatol_ee@rambler.ru).

About the authors

Enekeeva El'za Rashitovna (Almetyevsk, Russia) – Ph.D. in technical sciences, assistant professor of electric energy industry department of Almetyevsk State Oil Institute (423450, Almetyevsk, Lenina st., 2; e-mail: anatol_ee@rambler.ru).

Emekeev Aleksandr Aleksandrovich (Almetyevsk, Russia) – Ph.D. in technical sciences, director of research and educational center of Almetyevsk State Oil Institute (423450, Almetyevsk, Lenina st., 2; e-mail: emekeev@gmail.ru).

Akhmetov Ruslan Rastamovich (Almetyevsk, Russia) – doctoral student of automation and information technologies department of Almetyevsk State Oil Institute (423450, Almetyevsk, Lenina st., 2; e-mail: boss.ruslan116@mail.ru).

Yakunin Anatolii Nikolaevich (Almetyevsk, Russia) – assistant professor of electric energy industry department of Almetyevsk State Oil Institute (423450, Almetyevsk, Lenina st., 2; e-mail: anatol_ee@rambler.ru).

Получено 15.06.2013