

УДК 681.5:004

ББК 32.965

С 13

Сагдатуллин А.М.*Аспирант кафедры автоматизации и информационных технологий Альметьевского государственного нефтяного института, Альметьевск, e-mail: saturn-s5@mail.ru*

Разработка стенда для моделирования процесса автоматизации транспорта и подготовки нефти (Рецензирована)

Аннотация. Основной задачей данной работы является автоматизация технологического процесса системы сбора, транспорта и подготовки нефти с целью энергосбережения и повышения энергетической эффективности в данных технологических процессах [1]. Для решения данной задачи исследуется разработанная мнемосхема и управляющая SCADA-система симулятора автоматизации транспорта и подготовки нефти на основе управляющего контроллера Centum CS 3000 и лабораторного комплекса YOKOGAWA Electric, включающего емкости, сети взаимосвязанных трубопроводов, измерительную и контролирующую аппаратуру. Это позволяет исследовать такие режимы, как откачка, поддержание уровня, регулирование подачи, сравнение расходов.

Ключевые слова: сбор, транспорт и подготовка нефти, симулятор, автоматизация, система управления YOKOGAWA.

Sagdatullin A.M.*Post-graduate student of Automation and Information Technology Department of Almeteyevsk State Oil Institute, Almeteyevsk, e-mail: saturn-s5@mail.ru*

Development of a stand to model the process of transport automation and oil preparation

Abstract. This work focuses on automation of technological process of system of collecting, transport and preparation of oil for the purpose of energy savings and increase of power efficiency in these technological processes [1]. To solve this task, a study is made on the developed symbolic circuit and the operating SCADA system of a simulator of automation of transport and preparation of oil on the basis of the operating Centum CS 3000 controler and the laboratory YOKOGAWA Electric complex including capacities, networks of the interconnected pipelines, the measuring and controlling equipment. This allows us to investigate such modes as pumping, maintenance of level, delivery regulation and comparison of expenses.

Keywords: collecting, transport and preparation of oil, simulator, automation, YOKOGAWA control system.

Нефтегазовая отрасль промышленности является крупным потребителем электроэнергии, так как по некоторым оценкам энергоемкость отдельных технологических процессов (ТП) нефтегазовой промышленности составляет: добыча нефти – 43%, транспорт нефти – 40%, бурение скважин – 3%; вспомогательное оборудование – 14% [2]. Согласно анализу, проведенному в работе [3], в 2012 году совокупная добыча нефти и газа увеличилась на 2%, а затраты на добычу увеличились на 6%, капитальные затраты компаний нефтегазовой отрасли в разных странах мира увеличились на 13%. Несмотря на сокращение уровня совокупного дохода и падение прибыли в сегменте разведки и добычи, рост капитальных затрат объясняется высоким уровнем активности в области поиска, разведки и освоения запасов углеводородов: затраты на поисково-разведочные работы увеличились на 14% в 2012 году, а на освоение – на 22%. Аналитиками отмечено, что большие капиталовложения позволили обеспечить существенный прирост запасов за счет открытия новых месторождений. Однако при этом во всем мире размер общей прибыли за вычетом налогов по исследуемым компаниям в 2012 году составил 268,4 млрд. долларов США, что на 16% ниже, чем годом ранее. Исходя из данных представленного анализа можно сделать вывод о том, что затраты на добычу, транспорт и подготовку нефти с каждым годом возрастают в 2-3 раза в связи с усложнением процессов разработки, добычи и транспорта углеводородов и необходимостью

совершенствования применяемых технологий.

Следовательно, актуальной задачей для нефтегазодобывающей промышленности является повышение эффективности энергоемких технологических процессов, таких как транспорт, подготовка нефти, система поддержания пластового давления путем анализа данных систем и разработки новых моделей автоматизации и методов контроля [3]. Для исследования работы системы транспорта и подготовки нефти на базе научно-образовательного центра Альметьевского государственного нефтяного института смонтирована экспериментальная установка на базе контроллера Centum CS 3000. Основные задачи, решаемые системой автоматического управления (САУ) CENTUM: безопасное ведение технологических процессов, реализация решений задач оптимального управления, обеспечение устойчивости процессов регулирования, управление периодическими процессами, взаимодействие с подсистемами верхнего и нижнего уровня, сбор и накопление данных [4]. Экспериментальная установка для исследования работы системы автоматизации транспорта и подготовки нефти представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Экспериментальная установка для исследования работы системы автоматизации транспорта и подготовки нефти

Данная установка представляет собой автоматизированный технологический комплекс исследования системы транспорта нефтепродуктов, состоящий из двух емкостей, сети взаимосвязанных трубопроводов, измерительной и контролирующей аппаратуры для изучения следующих режимов работы: откачка, поддержание уровня, регулирование подачи, сравнение расходов. Весь автоматизированный комплекс построен на базе следующих основных элементов [5, 6]:

- станция управления (FCS) Centum CS 3000 производства «Yokogawa Electric Corporation» (рис. 2) – интегрированная система для управления технологическими процессами и контроля работы установок в самых различных отраслях: нефтеперерабатывающей, нефтехимической и др.;

- две емкости (E1, E2) и контрольно-измерительная аппаратура, входящая в состав установки: массовый кориолисовый расходомер ROTAMASS RCCT36-AV0M02D4SL/QR1, вихревой расходомер DY015-EBLBD1-4D/QR, электромагнитный расходомер AXF015G-E1AL1N-BD41-42B/QR, датчик малого расхода EJA115-EHS400A-99DA/QR, ротаметр с малым ходом RAMC02-D4SS-64S2-H90424/QR, vibra-

ционные выключатели уровня VEGASWING 63, уровнемер VEGAFLEX 61, устройство формирования сигнала VEGAMET 625, датчик избыточного давления EJA530A, манометр для точных измерений МПТИ, датчик разности давлений Метран-100-Ех-ДД-1440, термопреобразователь сопротивления TR10-С, температурный датчик УТА70;

– для контроля верхнего уровня в емкости Е1 устанавливается вибрационный выключатель уровня VEGASWING63-XX-GBV-X-P-C с длиной стержня 200 мм, для контроля нижнего уровня в емкости Е1 устанавливается вибрационный выключатель уровня VEGASWING63-XX-GBV-X-P-C с длиной стержня 800 мм, также на емкости Е2 устанавливается радарный уровнемер VEGAFLEX 61-XXC-GB-1-K-M-X-X с длиной стержня 800 мм, а для визуального контроля уровня на емкостях Е1 и Е2 устанавливаются смотровые стекла с запорными устройствами указателей уровня.

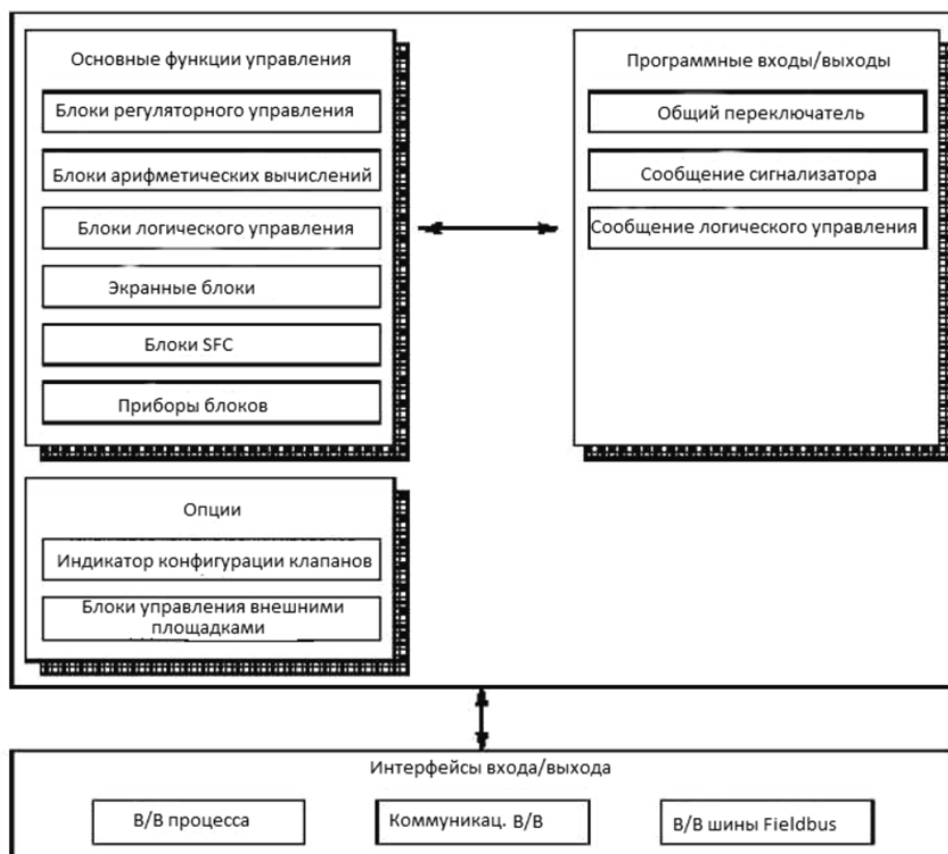


Рис. 2. Структура и функции станции управления

Вибрационные выключатели уровня VEGASWING 63 используются для определения граничных значений уровней жидкостей:

- преобразователь частоты асинхронного электродвигателя Altivar 31 «Schneider Electric», осуществляющий преобразование частоты двигателя насоса;
- ПИД регулятор (PID) обеспечивает выполнение управляющих функций с использованием пропорционального, интегрального и дифференциального регулирования по отклонению переменной процесса (PV) от значения задания (SV).

Схема связи контроллера с верхним уровнем показана на рисунке 3. Контроллер включает две новые формы коммуникации [7, 8]:

1) Шина Foundation Fieldbus представляет собой многоадресную цифровую коммуникационную шину для КИПиА (контрольно-измерительных приборов и автоматов) и предполагается для замены обычного аналогового интерфейса 4-20 мА. Протокол Foundation Fieldbus (FF) представляет собой протокол двунаправленной цифровой связи для КИПиА. Протокол Fieldbus является большим нововведением в технологии сис-

тем управления процессом и предполагается для замены стандартного протокола аналоговой связи от 4 до 20 мА, на базе которого работает большинство существующих в настоящий момент устройств низовой автоматизации;

2) HART-протокол (Highway Addressable Remote Transducer Protocol) – цифровой промышленный протокол. Модулированный цифровой сигнал, позволяющий получить информацию о состоянии датчика или осуществить его настройку, накладывается на токовую несущую уровня 4-20 мА. Таким образом, питание датчика, снятие его первичных показаний и вторичной информации осуществляется по двум проводам. HART-протокол – это практически стандарт для современных промышленных датчиков. Прием сигнала о параметре и настройка датчика осуществляется с помощью HART-модема или HART-коммуникатора. К одной паре проводов может быть подключено несколько датчиков. По этим же проводам может передаваться сигнал 4-20 мА.

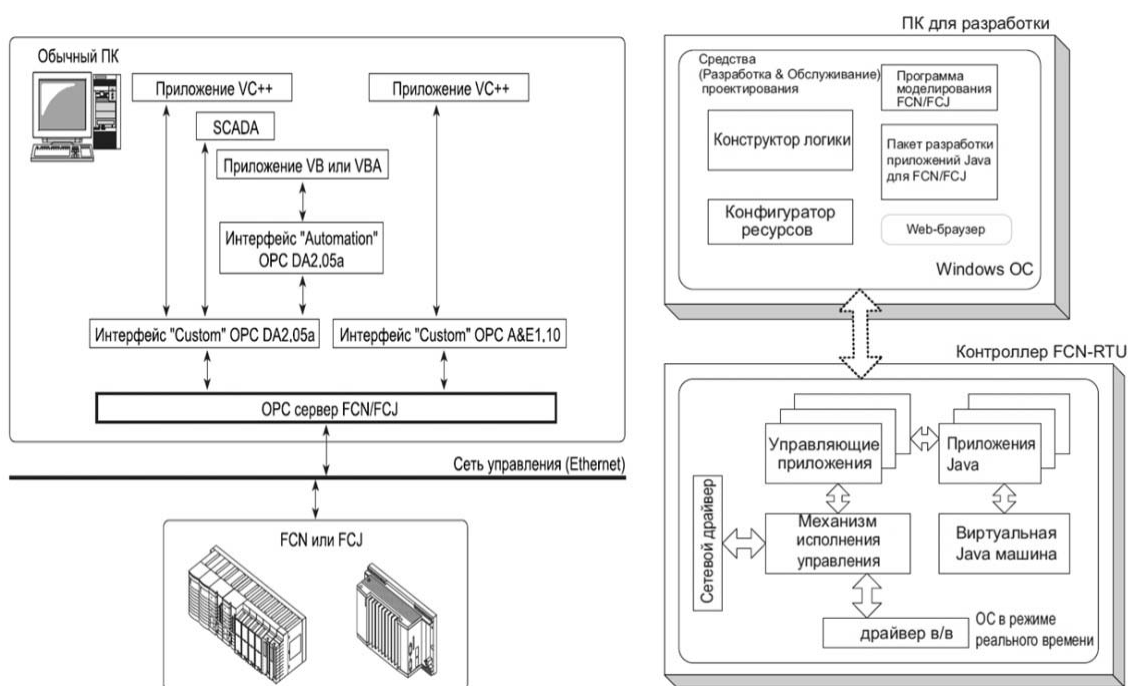


Рис. 3. Схема связи контроллера с верхним уровнем

Протокол Fieldbus имеет следующие особенности, позволяющие распределенно с помощью одного контроллера параллельно управлять несколькими технологическими процессами:

- используется протокол цифровой передачи, обеспечивающий высокоточную обработку информации;
- высокоточная обработка информации обеспечивает строгий контроль качества;
- поддерживается мультиплексорная передача, что позволяет также передавать параметры функциональных блоков контрольно-измерительных приборов и автоматов;
- связь между контрольно-измерительными приборами и автоматами позволяет с помощью КИПиА реализовать автономное распределенное управление;
- возможность взаимодействия позволяет объединять в единую систему устройства от различных поставщиков;
- широкий выбор устройств от различных поставщиков позволяет сконфигурировать оптимальную удовлетворяющую вашим требованиям систему;
- объединять можно самые различные системы, такие как контрольно-измерительные приборы, электрическое оборудование, заводскую автоматизацию (FA), бизнес автоматизацию (BA), офисную автоматизацию (OA) и анализаторы;

– некоторые настройки и проверки КИПиА можно выполнять с удаленного расстояния, например из приборной комнаты (диспетчерской).

Рассмотрим взаимодействие протоколов и их сравнительные характеристики. Основное различие между устройствами HART и FF состоит в том, что можно осуществлять стратегии управления в самих полевых приборах и устройствах, поддерживающих протокол Foundation Fieldbus. Те же стратегии управления можно реализовывать и с устройствами, поддерживающими протокол HART, однако выполнение фактических алгоритмов управления будет происходить в управляющем системном компьютере или в ПЛК. Несмотря на то, что диагностические данные, представленные устройствами HART и Fieldbus, очень похожи, способ взаимодействия с системой управления и то, в каком виде сведения предстанут перед оператором или техническим специалистом, все же различаются. Причина заключена в скорости и характеристиках технологии связи протоколов. Fieldbus использует технологию прямой связи. Это означает, что когда устройство Fieldbus выявляет нестандартное состояние, не дожидаясь запроса от центральной системы, оно само пытается отправить отчет либо передает сообщение о событиях одновременно с рабочей информацией. Система управления принимает сообщение и тут же отображает его или сообщает о нем на пульт. HART, напротив, построен по принципу главный/подчиненный. Это означает, что полевое устройство отвечает только тогда, когда поступит запрос от главной станции, чтобы проверить наличие информации для отчета. Так как последовательный опрос протекает со скоростью 1200 бит/с, число опрашиваемых приборов в заданный интервал времени ограничено. В течение нескольких секунд оператор может опросить на ошибки малое количество важных приборов. На опрос большего количества приборов может быть потрачено несколько минут. В любом случае с протоколом HART эффективная система диагностики ошибок осуществима, однако следует учитывать ограничения на время отклика и число подключаемых устройств.

Основные режимы работы экспериментального стенда [9]:

– режим «Откачки». Вода заливается в емкость E1. Запорно-регулирующий клапан (КЭ) в это время закрыт. При включении насоса происходит перекачка воды из емкости E1 в емкость E2 по любой из измерительных линий. По срабатыванию нижнего сигнализатора уровня в емкости E1 происходит отключение насоса и открытие запорно-регулирующего клапана. Вода из емкости E2 перетекает в емкость E1. Очередное включение насоса происходит при достижении верхнего уровня в емкости E1, при этом происходит закрытие запорно-регулирующего клапана;

– режим «Поддержания уровня». Вода заливается в емкость E1. Запорно-регулирующий клапан КЭ в это время закрыт. При включении насоса происходит перекачка воды из емкости E1 в емкость E2 по любой из измерительных линий. При достижении заданного уровня в емкости E2 происходит частичное открытие запорно-регулирующего клапана. Автоматическим регулированием степени открытия клапана происходит поддержание заданного уровня в емкости E2;

– режим «Регулирования подачи». Вода заливается в емкость E1. Запорно-регулирующий клапан КЭ закрыт. При включении насоса происходит перекачка воды из емкости E1 в емкость E2 по любой из измерительных линий. При достижении заданного уровня в емкости E2 происходит частичное открытие запорно-регулирующего клапана, а также автоматическим регулированием частоты вращения насоса происходит регулирование подачи насосом воды в емкость E2. При достижении равенства закачиваемой в емкость E2 и сливаемой воды произойдет поддержание постоянного уровня в емкости E2;

– режим работы «Сравнения расходов». Вода заливается в емкость E1. Запорно-регулирующий клапан КЭ открыт. При включении насоса происходит перекачка воды

из емкости E1 в емкость E2 по измерительной линии № 1, на которой происходит измерение массового расхода прямым динамическим методом. При закрытых шаровых кранах КШ2, КШ4, КШ6, КШ8, КШ9, КШ10, КШ11 и открытых шаровых кранах КШ13, КШ3, КШ5, КШ15 происходит измерение того же массового расхода косвенным динамическим методом. Таким образом, происходит сравнение расходов при различных методах измерения расхода. Рабочая среда – питьевая вода в соответствии с СанПиН 2.1.4.1074-01. Мнемосхема и SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) система автоматизированного рабочего места показана на рисунке 4 [10-12].

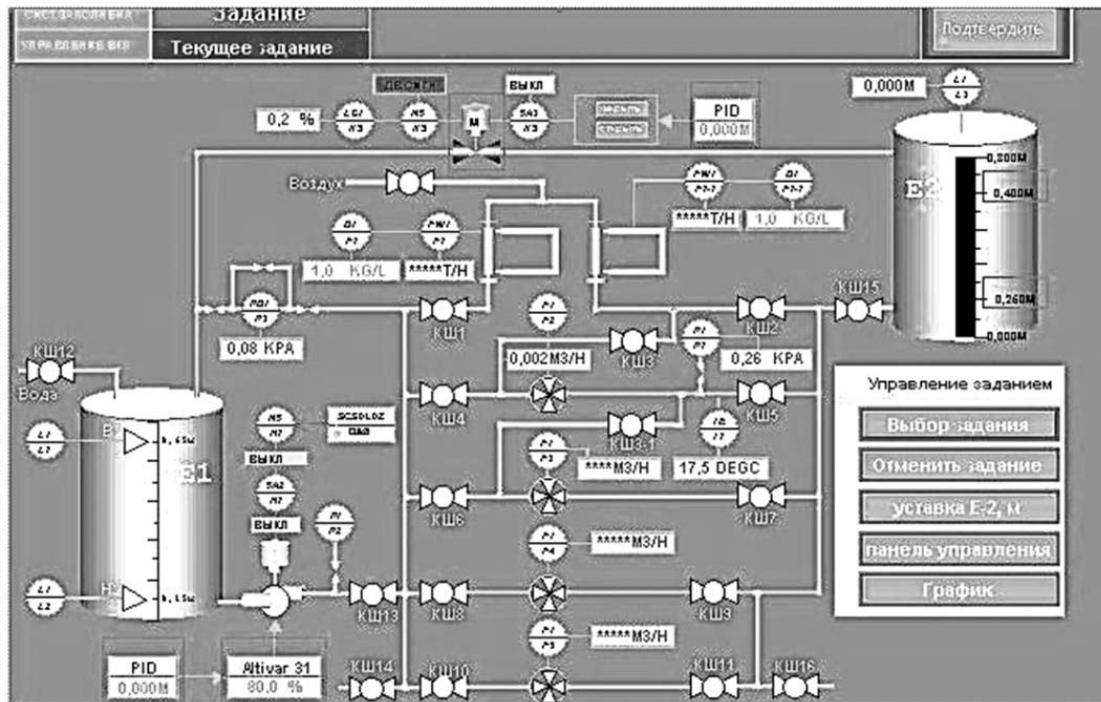


Рис. 4. Мнемосхема автоматизированного рабочего места

Таким образом, разработанная SCADA-система обеспечивает передачу данных о состоянии технологического процесса на автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора. АРМ оператора, в свою очередь, благодаря разработанной мнемосхеме позволяет осуществлять:

- наблюдение за состоянием процесса и отображение информации в виде мнемосхем, трендов, протоколов событий;
- обмен данными с контроллером и управление технологическими объектами и оборудования путем формирования команд управления (ПУСК, СТОП т.д.), изменения уставок измеряемых и контролируемых параметров.

Разработанная мнемосхема и управляющая SCADA-система симулятора автоматизации транспорта и подготовки нефти на основе управляющего контроллера Centum CS 3000 и лабораторного комплекса YOKOGAWA Electric, включающего емкости, сети взаимосвязанных трубопроводов, измерительную и контролируемую аппаратуру обеспечивает:

- контроль уровня, температуры, давления на стенде КИПиА;
- массовый и объемный учет воды;
- регулирование параметров процесса по стандартным законам;
- автоматическое включение/выключение насоса при срабатывании заданного уровня;
- дистанционное наблюдение за технологическим процессом с АРМ преподавателя и АРМ учащихся;

– просмотр с АРМ-ов изменения технологического процесса в виде трендов и графиков реального времени.

Примечания:

1. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности: федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ. 132 с.
2. Шириажданова Л.Ф. Прогнозирование затрат электроэнергии на нефтепроводе с использованием искусственных нейронных сетей: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Уфа, 2011. 22 с.
3. Ивановский В.Н., Садчиков Н.В., Улюмджиев А.С. К вопросу оптимизации закона движения выходного звена привода скважинной штанговой насосной установки // Территория Нефтегаз. 2012. № 5. С 86-90.
4. CENTUM CS1000/3000. Основные компоненты системы и ее функционирование: учеб. пособие. М.: Yokogawa Моск. учеб. центр, 2006. 134 с.
5. Стенд КИПиА ЭТП 081.1.304.00.00/ООО «Июкогава Электрик СНГ». 2009. Кн. 1, № 2. 123 с.
6. Техническая документация CENTUM CS3000, раздел D, E, F.
7. Пухальский Г.И., Новосельцева Т.Я. Проектирование дискретных устройств на ИМС: справочник. М.: Радио и связь, 1990. 304 с.
8. Техническая документация CENTUM CS3000, IM 33S04H10-01R14ET.
9. Методические указания. Ч. 1-4. Stardom. Обзор системы. Функции FCX. Функции VDS. Инжиниринг, 2006. 334 с.
10. Сагдатуллин А.М., Емекеев А.А. Схема комплексной автоматизации электропривода насосной станции // Патент России № 136504, заявка № 2013131974/07 (047770). Дата приоритета: 09.07.2013.
11. Сагдатуллин А.М. Программа изучения системы управления высоковольтным асинхронным электроприводом // Свидетельство № 2014611769. Зарег. 10 февраля 2014 г. М.: Роспатент, 2014.
12. Сагдатуллин А.М. Система управления высоковольтным асинхронным электроприводом // Свидетельство № 2014612227. Зарег. 21 февраля 2014 г. М.: Роспатент, 2014.

References:

1. On energy saving and on the increase of power efficiency: the federal law of the Russian Federation of November 23, 2009. No. 261-FZ. 132 pp.
2. Shiriazdanova L.F. Forecasting of expenses of the electric power in the oil pipeline using the artificial neural networks: Diss. abstract for the Cand. Of Techn. Sci. degree. Ufa, 2011. 22 pp.
3. Ivanovskiy V.N., Sadchikov N.V., Ulyumdzhiyev A.S. On the problem of optimization of the law of movement of an output element of the drive unit of sucker-rod pumping unit // The territory of Oil-gas. 2012. No. 5. P. 86-90.
4. CENTUM CS1000/3000. Main components of the system and its functioning: a manual. M.: Yokogawa. Moscow education center, 2006. 134 pp.
5. The stand of KIPiA ETP 081.1.304.00.00/ООО «Iokogava Electric of the CIS». 2009. Book 1, No. 2. 123 pp.
6. Technical documentation of CENTUM CS3000, section D, E, F.
7. Pukhalskiy G.I., Novoseltseva T.Ya. Design of discrete devices on IMS: a reference book. M.: Radio and communication, 1990. 304 pp.
8. Technical documentation of CENTUM CS3000, IM 33S04H10-01R14ET.
9. Methodological instructions. Pt. 1-4. Stardom. Review of the system. FCX functions. VDS functions. Engineering, 2006. 334 pp.
10. Sagdatullin A.M., Emekeev A.A. The scheme of complex automation of the electric drive of a pump station // The patent of Russia No. 136504, demand No. 2013131974/07 (047770). Date of priority: 09.07.2013.
11. Sagdatullin A.M. Programme of the study of the control system of the high-voltage asynchronous electric drive // Certificate No. 2014611769. Registered on February 10, 2014 M.: Rospatent, 2014.
12. Sagdatullin A.M. Control system of the high-voltage asynchronous electric drive // Certificate No. 2014612227. Registered on February 21, 2014 M.: Rospatent, 2014.