

# АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСОМ ОБОРУДОВАНИЯ АГНКС

ВЛАДИМИР ПОЛЕНОВ  
СЕРГЕЙ ЦЫГАНКОВ

В статье рассказывается о разработке и реализации системы управления комплексом оборудования АГНКС на базе отечественного ПЛК FASTWEL I/O. Рассмотрены предпосылки разработки системы, основные критерии выбора оборудования, состав системы и ее архитектура, а также подробно описан процесс функционирования.

## ВВЕДЕНИЕ

Автомобильная газонаполнительная компрессорная станция, или АГНКС, подразумевает под собой комплекс технологического оборудования, образующего метановую автозаправочную станцию.

Сегодня большинство АГНКС в России построено на базе устаревшего оборудования, произведенного еще в СССР или ГДР. Это связано в том числе с тем, что на рынке нового оборудования до недавнего времени лидирующее положение занимали западные производители и их представители в России. Цены на такие устройства, которые и так были немалыми, после снижения курса рубля стали и вовсе неподъемными для большинства потенциальных покупателей. На фоне этих событий все привлекательнее выглядят предложения от отечественных производителей, выпускающих оборудование на базе собственных разработок.

В конце 2014 г. перед конструкторским отделом одного из ведущих компрессоростроительных предприятий России — ОАО «Пензкомпрессормаш» — была поставлена задача разработки и внедрения в серийное производство модуля компрессорного заправочного (МКЗ) на базе поршневого компрессора собственного производства и сопутствующего оборудования для АГНКС высокой производительности. Основу разработки должны были составить современные материалы и технические средства с максимально возможным использованием продукции отечественных производителей. В соответствии с техническим заданием управлять комплексом технологического обо-

рудования должна новая автоматизированная система (АСУ КЗ) на базе надежного программируемого логического контроллера (ПЛК) отечественного производства.

## НАЗНАЧЕНИЕ И ФУНКЦИИ СИСТЕМЫ

Ключевые задачи АСУ КЗ — предотвращение работы оборудования в недопустимых режимах и управление технологическим процессом на всех этапах, от получения газа из газотранспортной системы (ГТС) до его подачи к газозаправочным колонкам.

Основным функциональным элементом всего комплекса контролируемого оборудования является МКЗ на базе поршневого компрессора. Поэтому опорным документом, который определяет набор необходимых защит и блокировок, осуществляемых АСУ КЗ, служит ПБ03-582-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации компрессорных установок с поршневыми компрессорами, работающими на взрывоопасных и вредных газах». Следуя данным правилам, необходимо осуществлять контроль и защиту компрессора на всех этапах процесса компримирования (сжатия) газа по следующим параметрам:

- давление и температура на линии всасывания компрессора;
- давление и температура на линиях нагнетания и всасывания по ступеням сжатия;
- давление и температура жидкости в системах охлаждения компрессорной установки;
- давление и температура масла в системе смазки механизма движения компрессора;

- проток жидкости на линиях выхода из системы охлаждения компрессорной установки;
- наличие команды аварийного останова от оператора станции.

Кроме того, из-за особенностей и состава оборудования необходимо контролировать еще целый ряд показателей:

- концентрацию взрывоопасной смеси в помещении МКЗ;
- вибрацию основных узлов компрессорной установки;
- уровень конденсата в системе очистки входящего газа;
- уровень масла в системе смазки цилиндров и сальников компрессора;
- давление и температуру газа в подводимой линии и блоке входных кранов (БВК);
- температуру и давление газа в линии подачи газа к газозаправочным колонкам и в блоке компенсаторов давления (БКД);
- электрические защиты основного электродвигателя компрессорной установки, электроприводов вспомогательных систем и другого электрооборудования станции;
- сигналы от комплектных систем управления входящего в состав станции оборудования;
- сигнал от автоматизированной системы охранно-пожарной сигнализации;
- внешний сигнал аварии.

Все аварийные параметры разбиты на группы. Активация/деактивация защит по каждой из групп осуществляется в соответствии с основным циклом прикладной программы ПЛК.

В случае если один из контролируемых параметров выходит

за допустимые пределы (для аналоговых характеристик) или возникает событие, вызывающее аварийный дискретный сигнал, АСУ КЗ переводит контролируемое оборудование в безопасное состояние. Например, производит останов электродвигателя главной или вспомогательных систем, открытие байпасного клапана, клапана аварийной разгрузки и группы продувочных клапанов. Аварийный останов станции сопровождается звуковой и световой сигнализацией, и оператору выводится информация о первопрочине остановки.

Как уже было указано, защита оборудования, входящего в состав АГНКС, это только часть функционального назначения системы. Вторую часть составляет управление всем комплексом задач станции, результатом которого является заправка автотранспортных средств сжатым природным газом. К таким задачам относятся:

- управление клапанами БВК;
- управление клапанами основной газовой и байпасной линии МКЗ;
- управление клапанами системы продувки (сброса конденсата);
- управление клапанами блока газораспределительного, осуществляющего подачу газа на БКД и газозаправочные колонки;

- управление основным электродвигателем;
- управление электродвигателями вспомогательных систем: маслонасоса, вентиляторов системы охлаждения, вытяжного вентилятора;
- контроль данных коммерческого учета по полученному из ГТС и отпущенному потребителю газу.

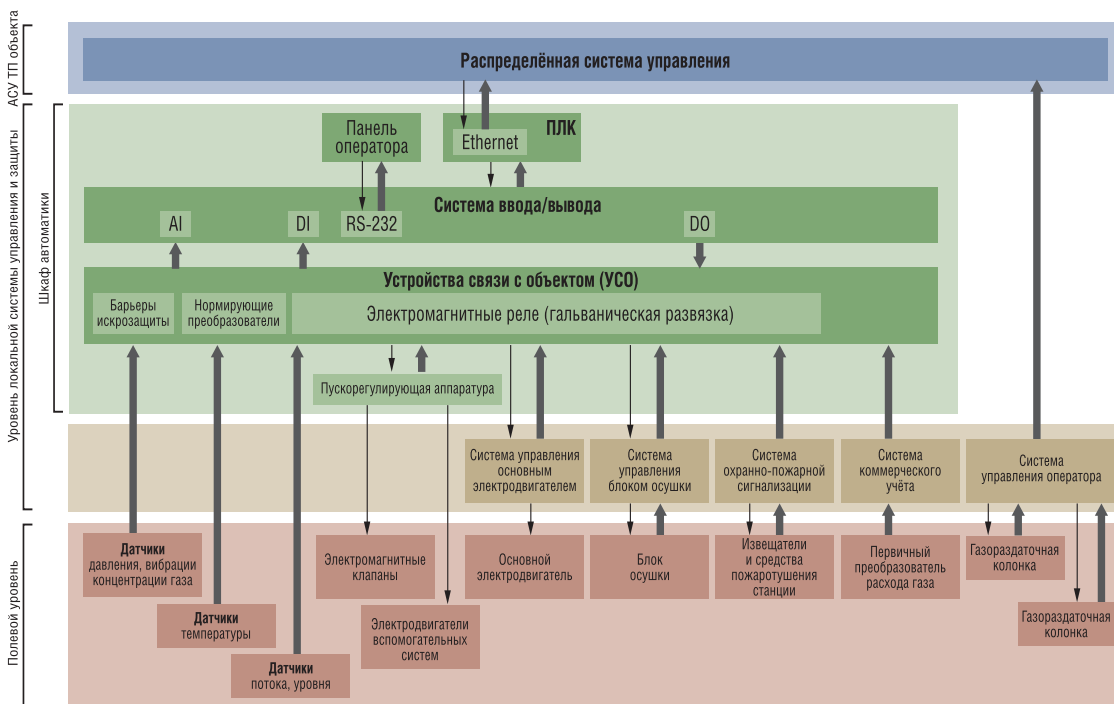
### АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ

Архитектура реализованной АСУ комплексом оборудования АГНКС показана на рис. 1.

Было решено разделить ПЛК и средства человеко-машинного интерфейса (ЧМИ), т. е. не использовать панельные контроллеры. Это позволило повысить надежность системы управления благодаря отсутствию внешних линий связи между управляющим ПЛК и системой ввода/вывода: связь осуществляется по внутренней шине данных. В качестве основного средства ЧМИ используется сенсорная цветная ЖК-панель оператора. Подключать панель к ПЛК было решено по последовательному цифровому интерфейсу RS-232. Связь с контролируемым оборудованием и исполнительными механизмами, ПЛК и системой ввода/вывода осуществляется посредством

устройств связи с объектом (УСО). В роли УСО выступают барьеры искрозащиты, нормирующие преобразователи (для аналоговых входов) и электромагнитные реле (для дискретных выходов).

Для управления мощными потребителями применяется пускорегулирующая аппаратура, представленная в основном электромагнитными контакторами. Ниже по иерархии расположены выделенные системы управления комплектным оборудованием сторонних производителей, связь с которыми обеспечивается посредством дискретных входных (контроль) и выходных (управление) сигналов. На полевой уровень системы помещены первичные преобразователи контролируемых параметров (датчики давления, температуры, вибрации, загазованности и т. д.), а также исполнительные механизмы — основной электродвигатель, насосы, клапаны, комплектное оборудование сторонних производителей. Кроме того, было необходимо реализовать связь с распределенной системой управления (PCY) объекта по интерфейсу Ethernet с использованием протокола Modbus TCP. Все оборудование системы управления — ПЛК, система ввода/вывода, ЧМИ, УСО, система электропитания цепей управления и силовых цепей



**РИС. 1.** ◀  
Архитектура реализованной АСУ комплексом оборудования АГНКС



**РИС. 2.** ► Собранный модуль ПЛК и система ввода/вывода в ходе монтажа шкафа



исполнительных устройств (в том числе пускорегулирующая аппаратура) и т. д. — должно было располагаться в одном шкафу напольного размещения с максимальными габаритами 2000×800×800 мм (В×Ш×Г).

### ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА

Чтобы реализовать данное техническое решение в рамках огра-

ниченного пространства одного шкафа, требовалось использовать компактный ПЛК, способный работать в достаточно жестких условиях (высокие температуры окружающей среды и уровень электромагнитных помех). Применяемое оборудование должно было обладать хорошим соотношением цена/качество, а ПЛК — быть отечественного производства. С учетом сформулированных критериев была выбрана продукция компании «ФАСТВЕЛ ГРУПП» — линейка FASTWEL I/O для ответственных применений.

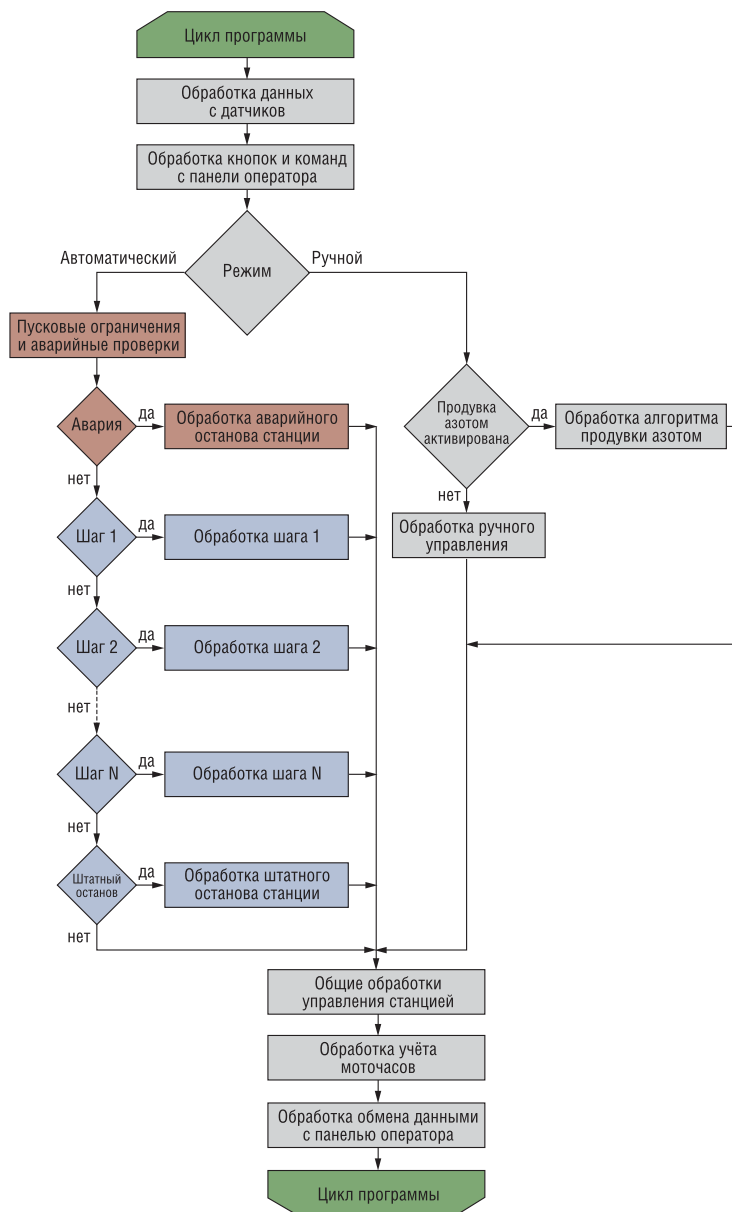
В соответствии с разработанной архитектурой было подобрано необходимое оборудование:

- ПЛК узла сети Ethernet CPM713-01 — 1 шт.;
- четырехканальные модули аналогового ввода сигналов постоянного тока 4–20 мА AIM723-02 — 10 шт.;
- 8-канальные модули дискретного ввода 24 В DIM717-01 — 9 шт.;
- 8-канальные модули дискретного вывода 24 В/0,5А DIM719-01 — 5 шт.;
- интерфейсный модуль сопряжения FBUS–RS-232С для связи с ЧМИ NIM742-01 — 1 шт.;
- системные модули:
  - модуль подключения источника питания 24 В/6,3 А OM75201 — 2 шт.;
  - модуль ввода питания +5 В/2 А внутренней шины FBUS OM75401 — 1 шт.;
  - заглушка шины FBUS, окончательный модуль OM75001 — 1 шт.

Собранный модуль ПЛК и система ввода/вывода показаны на рис. 2.

Если с подбором ПЛК отечественного производства проблем не возникло, то поиск достойного решения для реализации ЧМИ российского производства ни к чему не привел. В итоге выбор был сделан в пользу сенсорной цветной ЖК-панели оператора MT6100i компании Weintek с диагональю 10", резистивным сенсорным экраном и поддержкой аппаратных средств расширения через такие интерфейсы, как универсальный и последовательный USB, а также SD.

Одним из преимуществ этого оборудования является то, что программное обеспечение (ПО) разработки для ПЛК и ЧМИ бесплатное. Для программирования контроллера FASTWEL CPM713 использовалась среда CoDeSys 2.3.9.46, позволяющая реализовать сложные алгоритмы



**РИС. 3.** ► Блок-схема алгоритма работы АСУ комплексом оборудования АГНС

управления контроллером. Прикладная программа ПЛК была полностью написана на языке ST с применением модульного подхода, т. е. большинство задач было вынесено в отдельные функции. Программа включает главный модуль и более 40 функций различной сложности. В общей сложности код программы составляет около 1500 строк. Загрузка прикладной программы в контроллер осуществляется по Ethernet из среды программирования CoDeSys. А для программирования панели МТ6100i использовалось ПО EasyBuilder8000 V4.65.18.

### ПРОЦЕСС ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ

Блок-схема процесса функционирования системы представлена на рис. 3.

В начале каждого цикла программы происходит обработка данных с датчиков — приведение данных от аналоговых датчиков 4–20 мА (датчики давления, температуры через нормирующие преобразователи, концентрации взрывоопасной смеси, расхода газа по входу и т. д.) к диапазону шкалы. Затем обрабатываются нажатия кнопок управления и команды оператора, поступившие с сенсорной панели. Впоследствии все эти данные используются в программе.

Система может работать в одном из двух режимов.

1. В ручном режиме оператор берет на себя полное управление системой. Это требуется для проверки узлов и оборудования. К примеру, можно отдельно запустить маслосос, вентилятор вентиляции, насосы и вентиляторы системы охлаждения, обогреватели помещения компрессорной, проверить клапаны и т. д. Аварийные защиты в этом режиме отключены.
2. Автоматический режим — основной режим работы. Система функционирует в соответствии с основным циклом программы ПЛК, при этом производится контроль и анализ показаний с дискретных и аналоговых датчиков станции, на основании которых система управляет исполнительными механизмами. Аварийные защиты в этом режиме активны.

Сведения от датчиков станции можно посмотреть в любой момент

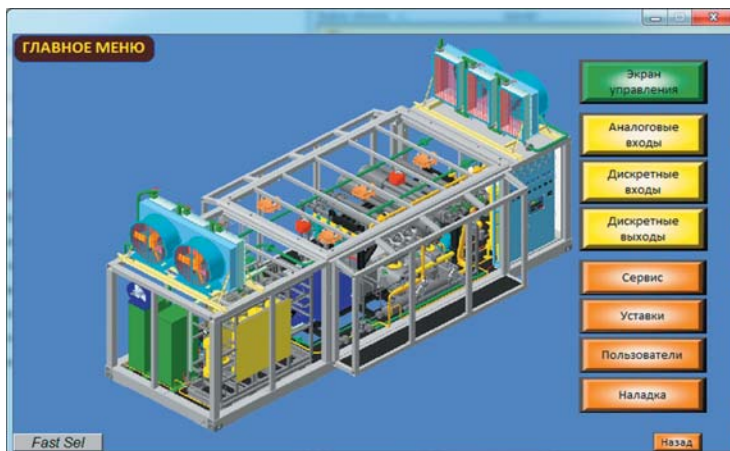


Рис. 4. ◀ Стартовый экран системы — меню управления системой, из которого можно войти во все остальные основные элементы управления

в каком угодно режиме работы. В соответствии с правилами ограничения доступа панель оператора дает возможность перейти в ручной режим только мастеру системы (полный уровень доступа), в то время как другим группам пользователей — оператору (основной уровень доступа, позволяющий выполнять все необходимые действия) и администратору (уровень доступа инженера) — эта опция будет недоступна.

Автоматический режим разбивается на шаги, и переход с одного из них на последующий возможен лишь при выполнении определенных условий. Например, переход на шаг 1 может произойти только при нажатии кнопки «Пуск программы», при этом активизируются проверка на аварии и пусковые ограничения первой группы. Пусковые ограничения не позволяют продвигаться на следующий шаг до тех пор, пока давление газа на входе в станцию не достигнет рабочего значения, показатели давления в маслосистеме и в системе охлаждения не придут в рабочее состояние и т. д. В то же время, если переход на следующий шаг сильно затянулся (к примеру, давление в маслосистеме долго не может выйти на заданный уровень), контроллер выдаст соответствующую ошибку и остановит процесс запуска.

Конечно, алгоритм, представленный на рис. 3, сильно упрощен: в нем не раскрыты преобразования и фильтрации данных с датчиков, обработки кнопок, дребезга контактов, случайных нажатий, пусковых и аварийных проверок, действий при

аварии, действий на шагах и многое другое — все это слишком объемная тема. Блок-схема иллюстрирует лишь общий подход.

Стартовый экран системы представлен на рис. 4.

На рис. 5 показан основной экран системы — «Экран управления» — во время реальной работы станции.

На рис. 6 представлен экран «Сервис». Этот раздел меню позволяет проводить сервисные манипуляции, такие как управление системой обогрева, вентиляции, продувки азотом, тестирование ламп и сигнализации, учет моточасов, а также просматривать журналы и изменять дополнительные параметры системы (таймеры и константы).

На рис. 7 показан экран «Продувка азотом». Алгоритм применяется для продувки трубопроводов и межступенчатой аппаратуры инертным газом (азотом), что необходимо после

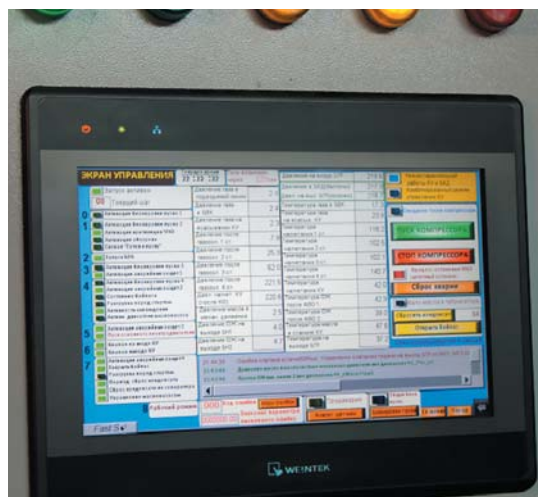


Рис. 5. ▼ Основной экран на панели МТ6100i



РИС. 6. ►  
Экран «Сервис»



длительного простоя или ремонта оборудования.

Следует отметить, что применяемая связка ПЛК и панели оператора позволяет реализовать сложные и громоздкие алгоритмы. При этом система функционирует быстро и стабильно. Разработка прикладного ПО ПЛК

и панели оператора — процесс понятный и простой, платформа хорошо документирована и не требует длительного обучения, хоть и не лишена своих нюансов. В основном они связаны с типами данных и обменом информацией с периферийными устройствами. Доработка программы

для ПЛК и панели оператора проводилась под оборудование заказчика на объекте в малые сроки, успешно соблности которые удалось как раз благодаря понятным и простым в освоении средствам разработки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проект АГНКС на базе отечественного оборудования, отвечающего современным требованиям по техническим параметрам (прежде всего производительности компрессорной установки, показанной на рис. 8), надежности и уровню автоматизации, является на данный момент уникальным для России. Реализованных в «железе» и внедренных на реальных объектах аналогов сейчас не существует, а имеющиеся представляют собой, по сути, импортное оборудование или результат отверточной сборки на его базе. Оборудование же советского производства, выпущенное в 1970–80-х гг. и до сих пор эксплуатирующееся на ряде объектов, на данный момент безнадежно устарело. Особенно это касается систем управления, сравнивать которые с рассматриваемой АСУ КЗ просто не имеет смысла.

Благодаря использованию современных средств ЧМИ, прежде всего сенсорной ЖК-панели оператора с достаточной диагональю, система управления имеет интуитивно понятный интерфейс пользователя, позволяющий легко освоить и затем осуществлять процесс управления всем комплексом сложного технологического оборудования, входящего в состав АГНКС. Эксплуатирующий персонал отмечает удобство реализованного интерфейса, высокую доступность основной информации о ходе технологического процесса, а также простоту определения причин возникновения нештатных ситуаций. В ходе заводских испытаний, пусконаладочных работ и эксплуатации (два года на момент написания статьи) не было зафиксировано отказов системы управления или сбоев в работе, приведших к необходимости остановки технологического процесса. Решение показало себя как надежное, пригодное для использования в системах управления сложным технологическим оборудованием для ответственных применений. В связи с этим предполагается внедрение рассматриваемой системы в серийное производство в составе комплекса технологического оборудования АГНКС. ●

РИС. 7. ►  
Экран «Продувка азотом»

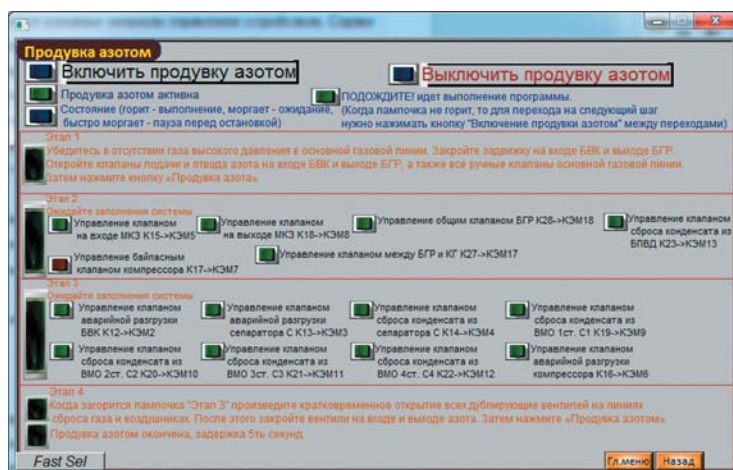


РИС. 8. ►  
Компрессорная станция,  
входящая в состав АГНКС

