

Проектирование распределенных систем управления технологическим процессом компримирования природного газа

С. В. Квашнин

АО «НПФ «Система-Сервис»;

Кафедра АПУ

СПбГЭТУ «ЛЭТИ»

e-mail: kvashnin@systserv.spb.su

Аннотация. Обсуждается новый подход к проектированию распределенных систем автоматизации управления технологическими процессами компримирования природного газа. Изложена концепция встраивания в технологические блоки управляемых объектов унифицированных вычислительных и коммуникационных устройств, взаимодействующих через интерактивную сеть. Описан пример реализации систем распределенного управления газоперекачивающими агрегатами.

Ключевые слова: природный газ; компримирование; газоперекачивающий агрегат; распределенная система управления; проектирование

I. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время основным видом транспорта газа является трубопроводный. Транспортировка газа по трубам осуществляется путем его сжатия и, как следствие, повышения давления. Энергия сжатия расходуется на преодоление силы трения стенок трубопроводов и внутренней турбулентности газов.

Существует два основных способа сжатия природного газа: объемный и динамический. Объемный способ осуществляется компрессорами поршневого и винтового типа, динамический способ — центробежными. Компрессоры поршневого и винтового типа отличаются низкой производительностью, но позволяют получать большую степень сжатия. Они применяются в технологических процессах сжижения и переработки газа, компрессорных станциях (КС) закачки газа в подземные хранилища. Центробежные компрессоры позволяют нагнетать значительные объемы газа со степенью сжатия от 1,4 до 3. Для получения больших степеней сжатия применяются каскадные схемы соединения компрессоров. Центробежные компрессоры применяются на месторождениях в составе дожимных КС для обеспечения технологического процесса комплексной подготовки газа к транспортировке, а также на линейных КС магистральных газопроводов.

Компрессорные станции магистрального газопровода размещаются примерно через каждые 100 км с целью повышения давления газа с 4,5 МПа на входе станции до 7,5 МПа на выходе. При этом для транспортировки газа по трубопроводам диаметром 1000–1400 мм необходимо по-

рядка 50 МВт мощности сжатия. С учетом необходимого резерва в компрессорном цехе для каждой нитки газопровода обычно устанавливаются 5 компрессоров с мощностью сжатия 16 МВт или 3 компрессора по 25 или 32 МВт. Приводом компрессора, как правило, служит газотурбинный двигатель стационарного, судового или авиационного типа. Цеха объединяются в станции и соответствуют числу трубопроводов, по которым транспортируется газ [1] (рис. 1).



Рис. 1. Схема газопровода и графики изменения давления и температуры

Компрессорные станции, участки линейного газопровода и система газораспределительных станций образуют линейное производственное управление, которое вместе с газоизмерительными станциями объединяется в газотранспортное предприятие.

II. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ КОМПРИМОВАНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Современные технологические процессы и системы компримирования природного газа, их агрегаты и установки оснащаются все более сложными информационно-алгоритмическими комплексами, образованными устройствами получения, передачи и обработки информации для поддержания режимов нормального функционирования [2–8]. Основы эффективного и безопасного функционирования технологических объектов закладываются на этапе проектирования с учетом требований надежности — свой-

ства сохранять в установленных пределах значения основных параметров, способность выполнять требуемые функции в заданных режимах, условиях применения и технического обслуживания.

Надежность и отказоустойчивость централизованных систем управления ограничена пределами наработки на отказ центрального процессора систем автоматического управления (САУ). Внутренняя сеть, соединяющая устройства ввода-вывода сигналов, также является «узким местом» расчета наработки на отказ САУ. Нарушение процессов обмена данными, вызванное «зависанием» протокола обмена или повреждения кабельной продукции, неизбежно приводит к полному отказу системы сбора информации об объекте и распределения управляющих воздействий.

Применяемые в настоящее время методы проектирования системы автоматизации объекта компримирования газа включают следующие основные этапы:

- моделирование технологического процесса;
- разработка технологического регламента работы объекта;
- разработка схемы автоматизации технологического объекта;
- формирование структуры САУ;
- разработка информационно-математического обеспечения;
- разработка программного и алгоритмического обеспечения САУ, проверка его работы на имитаторе объекта управления;
- определение требований к быстродействию процессорного оборудования;
- определение перечня и типов измерительного оборудования и исполнительных механизмов, требований к типу измерительного канала;
- выбор типов процессоров, модулей ввода-вывода с учетом требований, определяемых типами датчиков и параметрами быстродействия;
- размещение оборудования САУ в приборных шкафах;
- выбор средств обеспечения электропитания средств САУ, датчиков и исполнительных механизмов;
- размещение приборных шкафов по площадке технологического объекта;
- определение типов каналов обмена и среды обмена между устройствами САУ с учетом длины кабельных линий и способов их прокладки;
- устройство специализированных помещений для средств САУ;

- выбор кабельной продукции с учетом требований к местам ее прокладки, горючести, дымности;
- привязка средств автоматизации к объекту, разработка кабельного журнала;
- формирования спецификации на кабельную продукцию, кабеленесущее оборудование и сальниковые вводы;
- разработка конструкторской документации на устройства САУ;
- разработка альбома мнемосхем.

Перечисленные этапы необходимо выполнить для каждого блочного узла и для площадки компрессорного цеха в целом, итеративно повторяя их для достижения полноты автоматизации управления, оптимальных параметров процесса и надежности оборудования.

Необходимость диверсификации технологического оборудования процесса компримирования природного газа требует разработки своего уникального проекта автоматизации для каждого объекта. Применение централизованных САУ требует кардинальной переработки конструкторской документации и программного обеспечения при модификации компрессорных цехов на базе различных комбинаций технологических блоков.

Существующие методы проектирования не гарантируют создание систем автоматизации контроля и управления, способных решать задачи компримирования природного газа с учетом современных требований. Необходимо развивать инновационные подходы к проектированию систем управления небезопасными и дорогостоящими технологиями, работающими вблизи критических режимов.

III. НОВЫЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИМИ АГРЕГАТАМИ

Принципиально новый подход к проектированию распределенных систем автоматизации управления технологическими процессами реализует концепцию встраивания в технологические блоки унифицированных устройств, взаимодействующих между собой через интерактивную сеть [4–6].

В основу построения распределенных САУ положен принцип разделения объекта на функционально законченные и конструктивно обособленные узлы, решающие определенную подзадачу. САУ распределенного типа состоит из равноправных устройств управления технологическими узлами и не содержит центральных устройств, выполняющих функции общего управления, концентрации информации и распределения задач между устройствами.

Распределенные системы управления позволяют минимизировать длину кабельных сигнальных и управляющих линий, приближая АЦП/ЦАП к датчикам и исполнительным устройствам. Распределенные САУ обеспечивают автономность подсистем управления технологическими

узлами, а также возможность их настройки и проверки на заводе-изготовителе.

В результате анализа функций управления технологическими узлами компримирования газа и структур их систем автоматизации установлено, что для комплексной автоматизации технологического процесса достаточно двух типов унифицированных устройств — агрегатных интеллектуальных станций (АИС) и узлов интерактивной сети (УИС) [4–6].

АИС — базовое устройство управления технологическим узлом, включающее программируемый логический контроллер и модули ввода-вывода сигналов и управляющих воздействий. АИС — законченное изделие, как правило, размещающееся в корпусе в соответствии с требованиями к ее типу для данной зоны (Exd для взрывоопасных зон). АИС представляют проектно-компоуемые устройства, имеющие унифицированный конструктив и габариты. Синтез алгоритмов и проектирование АИС осуществляется системой автоматизированного проектирования путем компоновки модулей девяти типов.

УИС — универсальное серийно изготавливаемое четырехканальное устройство ввода-вывода сигналов и управляющих воздействий, функционально расширяющее возможности АИС. УИС применяется в случаях, когда датчики или исполнительные механизмы территориально разнесены или на технологическом узле нет возможности установить АИС.

АИС и УИС обрабатывают все типы сигналов, в том числе, специализированные (вибрация, пульсации в камере сгорания турбины и др.). Основные характеристики АИС и УИС: унифицированный конструктив; взрывозащищенное исполнение; рабочий температурный диапазон от -55°C до $+75^{\circ}\text{C}$. Взрывозащищенное исполнение АИС и УИС со степенью защиты от внешних воздействий (до IP68) позволяет монтировать и эксплуатировать их во взрывоопасных зонах, а также на открытом воздухе. Эти устройства размещаются на технологических блоках конструкторами заводов в соответствии с разработанной методикой.

Распределенная система автоматизации управления на базе АИС и УИС обеспечивает практически полную заводскую готовность технологических блоков, из которых проектным путем компоуется САУ компрессорной линии без изменения проектно-конструкторской документации и переработки программного обеспечения.

Технические средства распределенной САУ размещаются на рамках технологического узла в непосредственной близости к датчикам и исполнительным механизмам в зонах с допустимыми уровнями тепловых и электромагнитных излучений, а также вибрации. Это позволяет исключить применение дорогостоящего коммутационного оборудования и необходимость в специализированных помещениях для средств автоматизации, повысить точность измерений и надежность управления.

Процедура разработки локальных систем управления технологическими узлами изменяется за счет установки средств автоматизации в непосредственной близости к датчикам и исполнительным механизмам. Разработка ло-

кальных САУ выполняется специалистами предприятия-разработчика технологического узла и не требует модификации при проектировании систем автоматизации очередного объекта.

Анализ статистических данных показывает, что переход от централизованных к распределенным САУ снижает общее количество отказов не менее чем в 2 раза.

Новый подход к проектированию и реализации систем автоматизации технологических процессов компримирования природного газа реализован АО «НПФ «Система-Сервис» в распределенной системе управления МСКУ 6000 [4–6].

IV. СТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОМПОНЕНТОВ САУ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ АРХИТЕКТУРЫ

Информационное взаимодействие между АИС и УИС осуществляется посредством интерактивной оптической сети кольцевой структуры. Структура для всех типов технологических процессов компримирования газа является регулярной и состоит из колец технологических блоков K_{Bi} и кольца агрегата K_A (Рис. 2).

Применение колец технологических блоков K_{Bi} позволяет выполнить комплексную автоматизацию i -го технологического блока на заводе-изготовителе и провести заводские испытания со штатной системой управления. На объекте технологические блоки соединяются между собой волоконно-оптическими линиями связи и подключаются к сети электропитания. Структура распределенной САУ является наращиваемой, что позволяет добавлять или заменять технологические узлы без реконfigurирования САУ и доработок программного обеспечения.

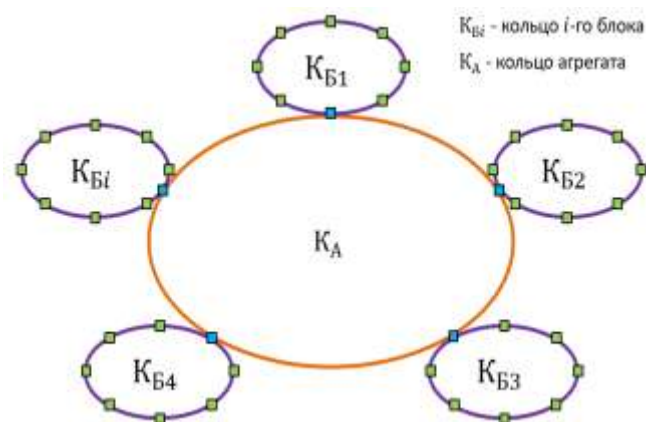


Рис. 2. Сеть кольцевой структуры

Критерием эффективности распределенной структуры может служить минимизация оборудования САУ, размещаемого в приборных шкафах, минимизация длин контрольных кабелей от датчиков и силовых цепей к исполнительным механизмам до входного АЦП или коммутирующего реле. При этом необходимо обеспечить прямое подключение датчиков и исполнительных механизмов к средствам автоматизации, исключив применение промежуточных клеммных коробок. Идеальной может считаться однородная интеллектуальная сеть, состоящая из УИС. Однако

в местах плотного размещения датчиков и исполнительных механизмов целесообразно размещение АИС, как информационно более насыщенного и более компактного устройства по параметру «канал на единицу объема».

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагается инновационный метод проектирования распределенных систем автоматизации управления технологическими процессами компримирования природного газа, при котором в технологические блоки управляемых объектов встраиваются унифицированные устройства УИС и АИС, взаимодействующие между собой через интерактивную сеть. Подход исключает большинство этапов проектирования систем верхнего уровня иерархии, так как компоновка сводится к интегрированию автоматизированных технологических узлов. Центрального устройства управления технологическим процессом компримирования при реализации такого подхода не требуется, необходимо только выполнить трассировку сети и кабелей питания. При этом обеспечивается практически полная заводская готовность технологических блоков, из которых комплектуется компрессорная линия с любыми требуемыми параметрами без изменения проектно-конструкторской документации и переработки программного обеспечения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Конспект лекций дисциплины «Компрессоры и компрессорные станции»// Самарский государственный технический университет. <https://studfiles.net/preview/4520460/>
- [2] Альтшуль С.Д., Гайдаш Д.М., Квашнин С.В., Макаров А.Я., Черников А.В. МСКУ 5000 — Современная система управления газоперекачивающими агрегатами различных типов// Газотурбинные технологии. 2006, №4. С. 27–29.
- [3] Патент РФ №133883. Распределенная система автоматического управления газоперекачивающим агрегатом // С.Д. Альтшуль, Д.М. Гайдаш, Л.В. Зиндер, С.В. Квашнин, С.П. Прошовиков, А.В. Черников. Опубл. 27.10.2013. Бюл. № 30.
- [4] Гайдаш Д.М., Квашнин С.В., Черников А.В. Интерактивные САУ на базе ПТК АИС-ОРИОН// Турбины и Дизели. 2017, №3. С. 28–33.
- [5] Альтшуль С.Д., Квашнин С.В., Селезнев М.Ф., Черников А.В. Комплексная система автоматического управления // Газотурбинные технологии. 2017, №8. С. 26–27.
- [6] Альтшуль С.Д., Квашнин С.В., Черников А.В., Гайдаш Д.М. Инновационная концепция проектирования САУ на базе узлов интерактивной сети// Турбины и Дизели, 2018, №3. С. 12–15.
- [7] Шестопалов М.Ю. Имаев Д.Х., Кораблев Ю.А., Квашнин С.В. Проектирование систем управления территориально распределенными объектами // Инновации, 2018. № 10. С. 100–107.
- [8] Шестопалов М.Ю. Системы отказоустойчивого управления технологическими процессами. СПб: Изд-во «Элмор», 2013. С. 308.