



Рисунок 1. Прогулочно-экскурсионное судно-газоход "Чайка", вид с кормы. Видны емкости хранения СПГ на палубе

Автоматизация судовых криогенных газотопливных систем. Опыт российского производителя

В настоящее время растет популярность применения сжиженного природного газа (СПГ) как моторного топлива, в том числе на коммерческих судах. Вначале СПГ использовался только на судах-газовозах для утилизации испаряющегося продукта. Позднее СПГ стал применяться и на судах различных назначений: как морских, так и речных, без привязки к перевозимому грузу. Экономическая целесообразность использования такого топлива подтверждается ростом количества эксплуатируемых во всем мире судов (на момент написания статьи — несколько

сотен), а также интересом судовладельцев не только к постройке новых газотопливных судов, но и к модернизации уже построенных. Такая модернизация достаточно сложна, так как она сопряжена с заменой двигательной установки и размещением на борту судна достаточно сложной криогенной системы хранения и подачи топлива (криогенной бортовой газотопливной системы — КБГС), но тем не менее имеет экономический и экологический смысл. Более того, иногда оправдано даже применение СПГ как дополнительного вида топлива для движения

в определенных районах с повышенными экологическими требованиями или для движения в специфических режимах (например, длительный малый ход гидрографического судна), несмотря на общее усложнение и удорожание бортового оборудования.

СПГ при всей его экономической привлекательности сложнее в использовании, чем дизельное топливо. Криогенная жидкость хранится при повышенном давлении и сверхнизкой температуре, эти параметры нужно правильно

поддерживать, а для подачи в двигатель необходимо испарять природный газ с заданной производительностью и давлением. Утечки топлива могут образовывать взрывоопасные газовые облака. Таким образом, чтобы упростить работу команды судна, сократить время технологических операций, обеспечить безопасность, нужна автоматизация процессов бункеровки, хранения СПГ на борту, регазификации и подачи газа к двигателям.

Выбросы метана в атмосферу

несут не только экономические потери, но и экологический ущерб из-за высокого «парникового» действия этого газа, резко снижая экологическую эффективность судна. Поэтому особое внимание при разработке системы автоматизации должно быть уделено режимам работы оборудования и избеганию каких-либо сбросов при штатной работе, а также контролю загазованности в газоопасных зонах.

Правила международных классификационных обществ,

в том числе российских Морского и Речного регистров, в отношении использования СПГ как топлива в последние годы были разработаны с достаточной полнотой. Есть и требования к объему автоматизации криогенных топливных систем. В то же время пока существует некоторая нехватка специфического криогенного оборудования, производители которого прошли процедуру одобрения Регистром. Причем зачастую существует такое оборудование общепромышленного исполнения, и оно вполне ►

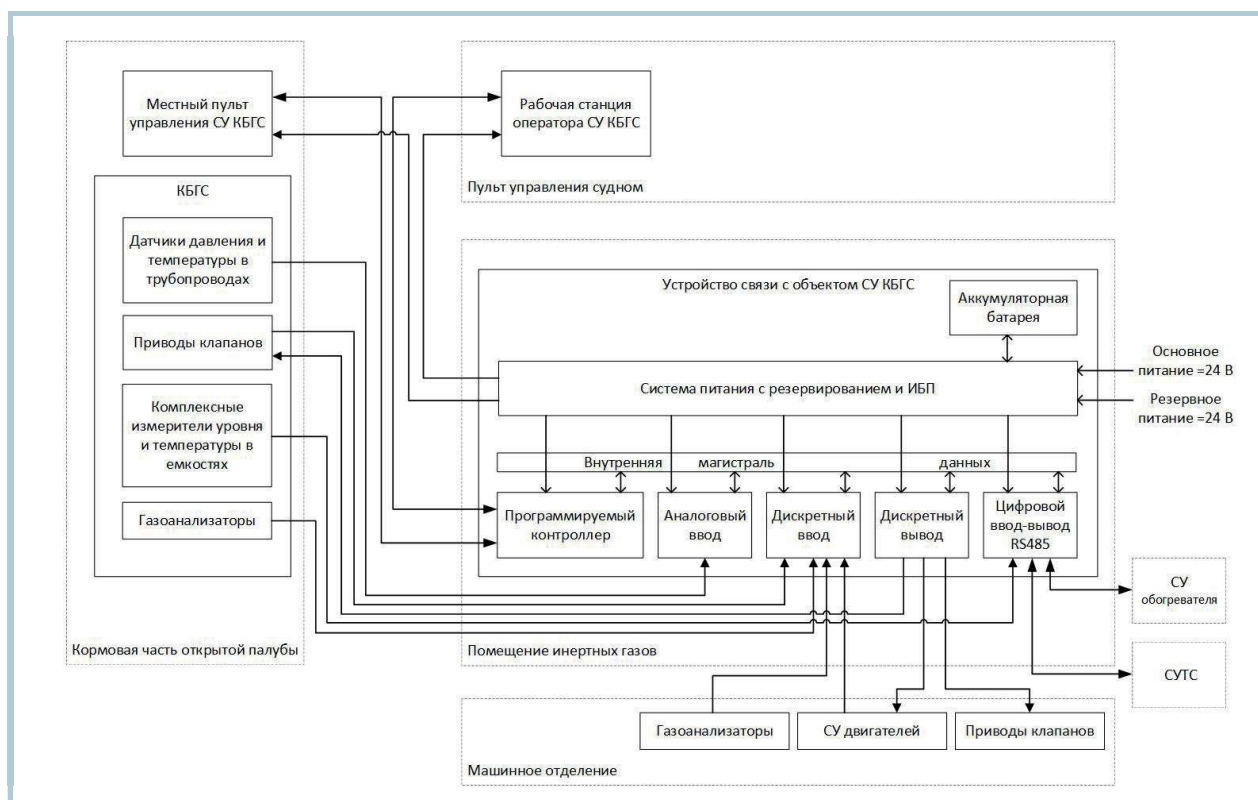


Рисунок 2. Структурная схема автоматизации КБГС

- соответствует требованиям судостроения, но организация самой процедуры испытаний и сертификации ложится на фирму-интегратора системы.

При разработке бортового оборудования и системы автоматизированного управления необходимо соблюдать баланс между безопасностью газового оборудования и безопасностью судовождения. Например, недопустимо останавливать оба главных двигателя при неисправности на одном из них, т.к. это нарушает идею резервирования ответственного оборудования пропульсивного комплекса. Для соблюдения такого баланса необходимы согласованные общепроjektные решения (например, разделение дублированного оборудования непроницаемыми переборками) и архитектура системы управления (например, отдельный контроль загазованности по зонам и аварийное отключение оборудования только в опасной зоне так, чтобы не нарушалась работоспособность остального оборудования). Также важно, является ли двигательная установка многотопливной с возможностью переключения на дизельное топливо (даже полный отказ газотопливной системы не приведет к потере хода и управляемости), или СПГ представляет собой единственный вид топлива на борту (необходимо резервирование элементов регазификации и подачи топлива). Все эти

многочисленные обстоятельства и ограничения требуют проектного подхода в каждом случае, хорошего согласования работы проектанта судна и всех поставщиков бортового оборудования.

Автоматизируемая криогенная система похожа на аналогичные системы хранения и регазификации, применяемые на суше. Тем не менее общепромышленные решения по автоматизации далеко не всегда подходят для использования на судне, так как нужна специальная процедура сертификации, включающая испытания на виброустойчивость, климатическую стойкость

и электромагнитную совместимость, причем предъявляются достаточно жесткие требования. В данном случае дело осложняется еще и необходимостью обеспечения взрывозащиты оборудования, расположенного непосредственно около топливной системы. Перед интегратором системы встает дополнительная задача: найти достаточно «экзотические» элементы, согласовать с их производителями возможную модернизацию и организовать дополнительные лабораторные испытания для сертификации модифицированных элементов.

Таким образом, при разработке системы управления бортовой криогенной газотопливной



Рисунок 3. Пост управления бункеровкой – резервный пост управления КБГС

системой (СУ КБГС)

формируются следующие задачи и приоритеты:

1. Анализ технических требований и требований правил Регистра, точное описание всех режимов работы автоматизированного объекта. Пока в газотопливных судах, особенно в случае модернизации имеющегося проекта, нет устоявшихся типовых решений, эта задача должна выполняться в тесном контакте с проектантом судна.

2. Описание взаимодействия разрабатываемой системы с другими бортовыми системами судна, согласование списков сигналов, каналов передачи данных с поставщиками взаимодействующих систем. Надо отметить, для судостроительной отрасли это достаточно сложно, обычно оборудование или имеет давно сложившийся интерфейс взаимодействия, как, например, компоненты навигационных систем, или является локальным, а взаимодействие с другими частями сводится к подаче питания. В данном же случае сама структура объекта заставляет проектировать взаимодействующие части. Простой пример: для обеспечения взрывозащиты необходимо прокладывать трубопроводы по системе «труба в трубе» с заполнением межстенного пространства инертным газом - азотом, а также предусматривать продувку перед пуском потребителей (двигателей) и после остановки.

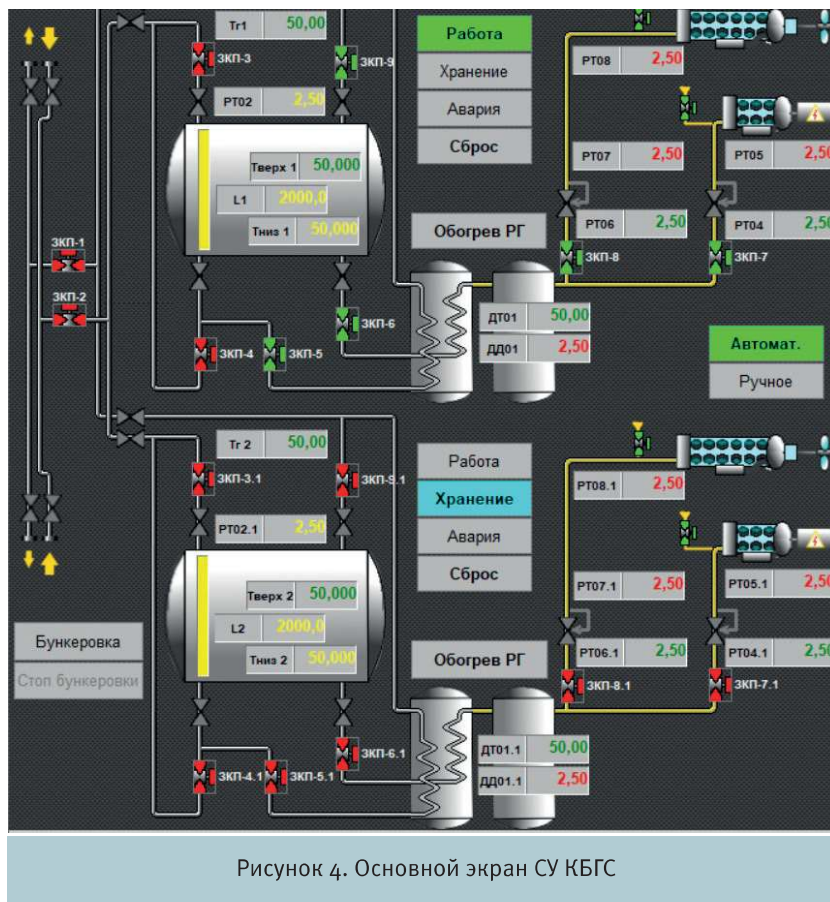


Рисунок 4. Основной экран СУ КБГС

Управление оборудованием инертного газа может быть поручено общесудовой системе управления техническими средствами (СУТС), в этом случае должно быть обеспечено сигнальное и алгоритмическое межсистемное взаимодействие с СУ КБГС, либо это оборудование может управляться от СУ КБГС, тогда необходимо информационное взаимодействие с СУТС для отображения информации на пультах судоводителей и

механиков, вывода АПС и т.п. В любом случае, речь идет о заранее заложенной в систему функциональности взаимодействия со смежными системами.

3. Разработка конструкции шкафа управления, удовлетворяющего противоположным требованиям: модульность, возможность быстрого внесения изменений во время испытаний и в то же время соответствие требованиям правил Регистра в части ▶

► надежности, виброустойчивости, температурного диапазона и ЭМС.

4. Разработка программного обеспечения, реализующего необходимые защиты, технологические переходы, взаимодействие с другими системами судовой автоматизации, эргономичное отображение информации в ходовой рубке судна, на посту главного механика, на открытой палубе рядом с емкостями.

5. Сочетание автоматизации и возможности ручного управления с необходимыми блокировками в нештатных ситуациях.

Структура автоматики

СУ КБГС представляет собой централизованную систему (рисунок 2). Шкаф управления располагается во взрывобезопасном помещении и реализован на аппаратных средствах WAGO IO System. Оборудование, расположенное в газоопасных зонах, подключено к центральному шкафу управления через барьеры искробезопасности, разработанные и производимые фирмой «Ленпромавтоматика» самостоятельно.

Централизованная архитектура предъявляет высокие требования к надежности электропитания. В данном случае применено безударное резервирование двух сетей питания постоянного тока 24 В, а в самом шкафу управления установлен дополнительный аккумуляторный

ИБП, обеспечивающий функционирование системы в течение приблизительно 15 минут при полном отключении судового питания. Этого времени достаточно для безаварийного завершения работы КБГС и перехода в безопасное состояние, или для ожидания устранения неисправности питания и продолжения работы.

Система управления имеет два поста отображения (рабочие станции оператора). В рулевой рубке расположен основной пост управления, а на открытой палубе около криогенных емкостей — пост управления бункеровкой (рисунок 3). Эти два поста отличаются аппаратно, т.к. пост управления бункеровкой имеет взрывонепроницаемый корпус с обогревом, а программное обеспечение их идентично, что позволяет говорить о полном резервировании функций взаимодействия с оператором. Более того, при необходимости установки третьей рабочей станции в центральном посту управления возможно простое расширение.


Такое решение, кроме повышения надежности, обеспечивает ускорение ПНР и отработки режимов работы криогенного и газового оборудования. Каждый пост управления представляет собой панельный компьютер со SCADA-системой «КСПАвизор», разработанной фирмой «Ленпромавтоматика» и примененной на десятках

объектов, как промышленных, так и судовых. Основной видеокادر мнемосхемы, реализованный для СУ КБГС с двумя резервуарами хранения СПГ, - рисунок 4.

Выводы

- Безопасность и экономическая эффективность использования СПГ как судового топлива успешно достигаются только в сопровождении рационально спроектированной системы автоматизации.

- Разработка бортовой автоматики газотопливной системы для СПГ-судов требует сочетания опыта «общепромышленной» и специфической судовой автоматизации.

- В статье рассматривается опыт российской фирмы в успешно выполненном проекте автоматизации криогенной топливной системы судна. 

АВТОР СТАТЬИ

Евдокимов Ярослав Андреевич,
научный сотрудник НПК
«Ленпромавтоматика»