

Опыт импортозамещения в газовой отрасли – САУ «КАСКАД»

Дмитрий Мордовченко, Александр Деревянкин, Александр Мартынов

В статье представлен опыт локализации системы автоматического управления газотурбинной установкой General Electric MS5002E на базе программируемых логических контроллеров Regul R600. Рассматриваются вопросы, связанные с методикой и порядком импортозамещения элементной базы для специализированных систем управления иностранного производства. Описывается проект внедрения системы автоматического управления газотурбинной установкой на объекте ПАО «Газпром».

Предыстория создания проекта

О важности импортозамещения

Одной из самых актуальных задач, стоящих в настоящее время перед разработчиками систем управления для газовой отрасли, является задача импортозамещения и локализации производства оборудования, находящегося в эксплуатации. Оборудование системы управления от иностранного производителя, поставленное вместе с агрегатом на объект эксплуатации, требует по условиям лицензионного соглашения регулярного сервисного обслуживания, которое стоит очень дорого, поскольку предполагает выполнение этой работы специалистами фирмы-производителя. Так, суммарные затраты на сервисное сопровождение импортных систем управления газоперекачивающих агрегатов уже в небольшой период эксплуатации становятся сопоставимыми со стоимостью самого оборудования. Это существенное финансовое бремя подвигает как производителей локализованных агрегатов, так и эксплуатирующие организации на перевод сервиса импортных систем управления в руки российских организаций и специалистов. Понятно, что отечественные специалисты, поддерживающие обслуживание импортных систем управления, должны пройти обучение и иметь соответствующие лицензии и сертификаты на проведение сервисных работ от производителя. Обычно эти разрешающие лицензии дают огра-

ниченный набор возможностей по обслуживанию и часто не позволяют вносить необходимые для локальных целей эксплуатации корректировки в конструкцию и ПО системы управления.

В связи с этим задача разработки собственной отечественной системы управления локализованным газоперекачивающим агрегатом становится более чем актуальной.

Путём поэтапной локализации производства газотурбинной установки General Electric MS5002E пошло акционерное общество «РЭП Холдинг». После многолетнего успешного освоения производства собственной турбинной установки сложилась ситуация, при которой локализованные газоперекачивающие агрегаты уже отечественного производителя комплектуются импорт-

ной специализированной системой автоматического управления газотурбинной установкой САУ ГТУ GE Mark VIe.

В качестве альтернативы САУ ГТУ GE Mark VIe компания «Газпром» заинтересована в применении отечественной системы управления. План поэтапной локализации производства ГТУ MS5002E предусматривает такую замену.

Задача замены САУ ГТУ GE MARK VIe

Объект управления – ГТУ MS5002E

АО «РЭП Холдинг» является одним из основных поставщиков газоперекачивающих агрегатов (ГПА) для новых и строящихся объектов газотранспортной сети ПАО «Газпром». На многих объектах уже работают серийные газопере-

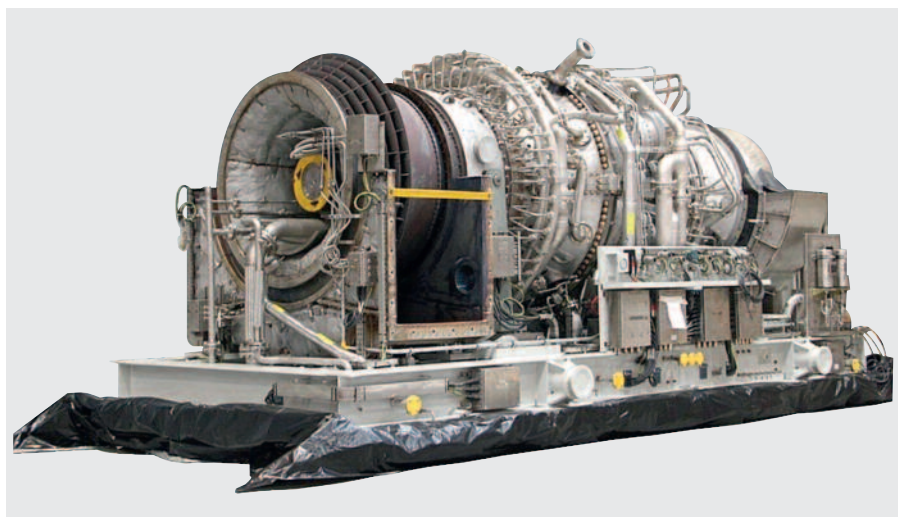


Рис. 1. Газотурбинная установка General Electric MS5002E

качивающие агрегаты ГПА 32 МВт «Ладога», изготовленные по лицензии компании GE Oil&Gas Nuovo Pignone, Италия, с частичной и полной локализацией производства в ЗАО «Невский завод» (входит в АО «РЭП Холдинг»). Большинство из поставленных агрегатов комплектуются САУ ГТУ GE Mark VIe.

Газотурбинная энергетическая установка ГТЭС-32 простого цикла построена на базе газотурбинного двигателя MS5002E, который производится АО «РЭП Холдинг» по лицензии компании GE Oil&Gas Nuovo Pignone.

Локализованная «РЭП Холдинг» газотурбинная установка General Electric MS5002E (ГТУ GE MS5002E) – одна из последних моделей тяжёлых промышленных газовых турбин General Electric средней мощности. ГТУ GE MS5002E (рис. 1) предназначена для работы с высокой эффективностью, надёжностью и экологичностью. Выпускаемый АО «РЭП Холдинг» газоперекачивающий агрегат мощностью 32 МВт на базе ГТУ GE MS5002E получил название ГПА-32 «Ладога».

К достоинствам ГТУ GE MS5002E можно отнести высокую надёжность, достигнутую многочисленными полномасштабными испытаниями при полной нагрузке, а также один из самых высоких КПД в своём классе. Наибольшее распространение данная модель получила в нефтегазовом секторе для транспортировки природных ресурсов.

Объект эксплуатации – компрессорная станция «Малоперанская»

В начале 2017 года в ПАО «Газпром» было принято решение о запуске в опытную эксплуатацию системы автоматического управления ГТУ российского производства на объекте КС-9 «Малоперанская» (рис. 2, 3) для замены импортной системы автоматического управления ГТУ 32 МВт, построенной на базе ПЛК GE Mark VIe (САУ ГТУ 32 МВт GE Mark VIe).

Руководством «Газпрома» ставилась задача изготовить и ввести в эксплуатацию САУ ГТУ собственного производства на базе отечественного контроллера, полного аналога заменяемого шкафа управления. При этом качество управления и эксплуатационные характеристики турбины должны были оставаться на заявленном импортным разработчиком уровне. Все внешние подключения к заменяемому шкафу управления должны сохраняться.



Рис. 2. КС «Малоперанская»

К системам управления современным газовыми турбинами обычно предъявляются повышенные требования по быстродействию и производительности, поэтому для такой системы управления довольно трудно сразу найти замену оригинальному управляющему контроллеру (часто не широко распространённому и поэтому очень недешёвому) из ПЛК общепромышленного применения. Попытки механической замены в таких управляющих системах блоков управления на универсальные ПЛК, как от отечественного производителя, так и от признанных мировых брендов, часто терпят неудачу как раз по причине необходимости реализации специальных требований, связанных с особенностями управления объектом.

Примером такой специализированной системы управления является САУ

ГТУ 32 МВт GE Mark VIe, предназначенная для управления газотурбинной установкой General Electric MS5002E.

Для решения задачи импортозамещения с целью экономии временных и материальных ресурсов разработчики САУ ГТУ из АО «РЭП Холдинг» пошли путём поиска унифицированной серийной элементной базы, производимой в РФ, отвечающей требованиям САУ ГТУ 32 МВт для управления газотурбинной установкой General Electric MS5002E.

НАЗНАЧЕНИЕ И ФУНКЦИИ САУ ГТУ 32 МВт

Система автоматического управления газотурбинной установкой предназначена для непрерывного контроля технологических параметров турбины и управления технологическим оборудованием во всех режимах работы ГТУ. САУ ГТУ управляет режимами горения в камерах сгорания, в том числе низкоэмиссионными, обеспечивает стабильное поддержание заданной мощности и др.

Ещё с первых серийных образцов ГПА-32 «Ладога» было принято разделение системы управления на две САУ. Речь идёт о САУ внутреннего контура (собственно САУ ГТУ) и САУ вспомогательных устройств. Вспомогательными устройствами для турбины являются маслосистема и стартовый двигатель. Внутренним контуром называется система управления работой теплового цикла турбины. Такое разделение и ранее применялось в «Газпроме».



Рис. 3. Газопровод «Северный поток». Объекты установки ГПА 32 МВт «Ладога»

Система управления вспомогательными устройствами раскручивает турбину до частоты запуска, обеспечивает бесперебойную подачу масла для смазки, подготовку (очистку) топливного газа, контролирует работу нагнетателя природного газа. САУ ГПА определяет частоту вращения, необходимую в данном технологическом режиме работы, а все функции регулирования, управления и диагностики реализует САУ внутреннего контура – САУ ГТУ.

Алгоритмы управления внутреннего контура тесно связаны с конкретной конструкцией турбоагрегата и должны учитывать все особенности регулировок в различных режимах функционирования турбины, задаваемых САУ ГПА. Чтобы провести грамотную разработку алгоритмов для САУ внутреннего контура, требуется глубокое понимание физических процессов, происходящих в турбоагрегате во всех заданных режимах функционирования.

Условия применения той части оборудования, которая относится к вспомогательным системам, не вызвали больших вопросов. «Невский завод» на базе турбин собственного производства

выпускал ГПА и комплектовал их системами управления (САУ ГПА) без отдельной САУ внутреннего контура, так как не ставилась задача оптимизации функционирования турбины во всех режимах работы, и часть задач решалась локальными регуляторами, информационно не связанными с задачами общего управления. Разработка и изготовление собственной системы управления для внутреннего контура были налажены лишь недавно – для локализованных лицензионных турбин и новых собственных разработок.

Причина этого не в том, что данные алгоритмы управления невозможно самостоятельно разработать в России. Дело в некоторых особенностях конструкции турбоагрегата MS5002E, таких как высокий КПД, увеличенный срок эксплуатации, низкая эмиссия выхлопных газов. Чтобы реализовать все эти возможности, турбину нужно правильно «настроить». Технологией сервиса MS5002E владеют не только General Electric (и с недавнего времени «Невский завод»), но и некоторые другие компании. В этой технологии используются собственные термины и понятия,

а также требуется применение определенных органов управления. Процедура настройки происходит с использованием особенностей системы управления САУ внутреннего контура, всегда и везде выполненной на базе одной и той же программы и на одной и той же серии контроллеров Mark VI и Mark VIe. А теперь это возможно и при использовании отечественной САУ «КАСКАД», производимой АО «РЭП Холдинг» из отечественных компонентов.

ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГТУ

Особенности объекта управления ГТУ MS5002E

Приведём общее описание системы управления газотурбинной установкой. Осевой компрессор сжимает атмосферный воздух, нагреваемый шестью камерами сгорания, в каждую из которых поступает топливный газ по четырём коллекторам. Переключением коллекторов топливного газа обеспечивается работа турбины в двух режимах: в режиме диффузионного горения или в режиме премикс, при котором в камеру сгорания поступает газ, предварительно

XTR – СЕРИЯ КОНТРОЛЛЕРОВ И МОДУЛЕЙ ДЛЯ ЖЕСТКИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

WAGO
INNOVATIVE CONNECTIONS

- Диапазон рабочих температур: $-40...+70^{\circ}\text{C}$
- Вибрационные нагрузки до 5g
- Защита от импульсных скачков напряжения до 5 кВ
- Позолоченное покрытие силовых контактов
- Искробезопасные модули
- Повышенная влагостойкость



Реклама

PROSOFT
WWW.PROSOFT.RU

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

смешанный с воздухом. Не используемый в данный момент диффузионный или премиксный коллектор продувается сжатым воздухом через шесть предназначенных для этого специальных клапанов. Первый режим применяется для запуска ГТУ. Второй режим является длительным основным. Контуры регулирования управляют положением топливных регулирующих клапанов и обеспечивают поддержание и ограничение заданной частоты вращения. Повышение температуры выхлопных газов парируется сбросом части циклового воздуха через клапаны сброса.

Система управления ГТУ измеряет уровень акустических пульсаций в камерах сгорания и обеспечивает равномерное горение на всех режимах работы ГТУ.

Основные задачи САУ ГТУ 32 МВт

Задачами САУ ГТУ являются обеспечение надёжности, защиты от нештатных ситуаций, эффективности работы ГТУ, удобства работы персонала с агрегатом путём выполнения следующих функций:

- управление оборудованием ГТУ в режимах автоматического пуска и останова ГПА;

- защита газотурбинной установки, автоматический аварийный останов при нарушении нормальной работы;
- дистанционное управление исполнительными механизмами по командам с пульта управления (ПУ), контроль команд на допустимость их выполнения в заданном режиме и блокировка их прохождения в недопустимой ситуации.

Принятые решения. Выбор элементной базы

Специалистами АО «РЭП Холдинг» проводился анализ рынка компонентов автоматизации отечественного производства с целью выбора элементной базы САУ ГТУ для замены контроллера Mark VIe.

Локализация производства САУ ГТУ выполнялась под контролем и надзором со стороны фирмы General Electric (GE). Требованиями GE определялись технические особенности базовых компонентов автоматизации, а также минимальные характеристики вычислительной производительности контроллера, который должен был заменить контроллер GE Mark VIe.

Наиболее трудновыполнимыми требованиями к контроллерам со стороны GE являлись требования по производительности. Заявлялась необходимость применения контроллера с частотой обхода алгоритма управления, соответствующей максимальному времени цикла в 10 мс.

После тщательно проведённого анализа серийных промышленных логических контроллеров (ПЛК) российского производства, имеющихся в настоящее время на рынке, из трёх марок перспективных отечественных ПЛК, обладающих хорошими техническими характеристиками, был сделан выбор в пользу ПЛК семейства Regul (производитель — инженерная компания «ПРОСОФТ-Системы», Екатеринбург) как единственного из всех удовлетворяющего требованиям по производительности и быстродействию системной шины. На сегодняшний день ПЛК семейства Regul RXX являются уникальной элементной базой отечественного производителя по возможностям организации резервированных структур, производительности и быстродействию. Эти особенности ПЛК Regul позволя-

-40...+70°C

МОСКВА
(495) 234-0636
info@prosoft.ru

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
(812) 448-0444
info@spb.prosoft.ru

ЕКАТЕРИНБУРГ
(343) 356-5111
info@prosoftsystems.ru

(912) 620-8050
ekaterinburg@regionprof.ru



Реклама

ют разработчикам создавать высоконадёжные и эффективные системы управления.

Проведённый специалистом «РЭП Холдинг» в техническом отделе «ПРОСОФТ-СПб» предварительный тест производительности системы управления ГТУ (с использованием программы CoreEngine, моделирующей алгоритмы работы ГТУ) на базе функционирующего стенда системы управления ПЛК Regul R600 показал, что программа CoreEngine (рис. 4) на этом контроллере выполняется менее чем за 600 мкс, вычислительная нагрузка от системы визуализации (хотя и сильно упрощённой) составляет 5 мс. Опрос шины для количества модулей, составляющего примерно треть от требуемого, занял 276 мкс (то есть не более 0,3 мс).

На основании проведённого анализа был сделан вывод, что наиболее перспективным для САУ ГТУ является применение контроллеров серии Regul R600 [1].

Задача локализации САУ ГТУ

«Дорожная карта» локализации САУ ГТУ, предложенная GE, включала четыре этапа. На первом этапе разработчики АО «РЭП Холдинг» должны были определить основные технические решения по компонентам будущей системы управления. На втором этапе следовало подтвердить реализацию всех за-

щитных функций системы управления и разработать алгоритмы регулирования в соответствии с требованиями GE. На третьем этапе предполагалось выполнить динамическое тестирование системы управления в соответствии с эталонными трендами. Четвёртый этап включал испытание работы САУ ГТУ совместно с газовой турбиной.

Требования со стороны GE к аппаратной части будущей системы управления были сформулированы предельно жёстко. В первую очередь анализировались показатели быстродействия и точности системы.

Сложнее всего было выполнить требования по максимальному времени цикла управляющей программы. В GE настаивали на периоде вызова управляющей программы не более 10 мс при том, что даже оригинальный контроллер Mark VIe не во всех случаях обеспечивает такое быстродействие.

Ещё одним трудновыполнимым требованием GE был выпуск документации на базовые средства на английском языке.

И совсем уж экзотическим для наших разработчиков стало требование по проведению анализа FMEA (Failure Mode and Effects Analysis – анализ видов и последствий отказов – методология проведения анализа и выявления критических шагов производственных процессов с целью управления качеством) для будущей системы управления.

Решение задачи локализации САУ ГТУ 32 МВт GE Mark VIe

Этапы локализации САУ ГТУ

По требованию GE (производителя САУ ГТУ) для обеспечения легитимности замены управляющего ПЛК Mark VIe на ПЛК Regul R600 необходимо было провести процедуры локализации САУ ГТУ 32 МВт согласно «дорожной карте», включающей четыре этапа локализации.

Первый этап локализации предполагал тщательный анализ разработчиками GE комплекта технической документации на ПЛК Regul R600 (в объёме перечня GE), предлагаемого для замены ПЛК Mark VIe.

Сотрудниками «ПРОСОФТ» совместно с компанией «ПРОСОФТ-Системы» были проведены работы по подборке и подготовке комплектов технической документации на ПЛК Regul R600 в рамках опросного листа от «РЭП Холдинг» для представления в GE. Перевод технической документации на английский язык осуществляли специалисты компаний «ПРОСОФТ-Системы» и «РЭП Холдинг».

По запросу «РЭП Холдинг» специалистом «ПРОСОФТ-Системы» была проведена разработка документа «FMEA-анализ» САУ ГТУ на базе ПЛК Regul R600 – проведение анализа надёжности САУ ГТУ Regul R600 по стандартам, принятым в GE. Этот документ был представлен в «РЭП Холдинг» для ком-

ПЛК REGUL R600

Основные технические характеристики

- Поддержка «горячего» резервирования центральных процессоров и контроллеров шин/блоков питания.
- Различные схемы резервирования контроллеров (полное зеркальное резервирование, резервирование только основных компонентов и др.).
- «Горячая» замена всех модулей контроллера (без отключения питания и прерывания прикладной программы).
- Удалённое конфигурирование, обновление программ (по интерфейсам Ethernet/RS-232/RS-485, в резервированной конфигурации – без прерывания прикладной программы).
- Дублированная высокоскоростная внутренняя шина данных.
- Подключение станций удалённого ввода/вывода к центральному процессору по топологии «двойное резервируемое кольцо».
- Запись архивов внутри контроллера.

- Минимальное время цикла прикладной программы – 1 мс.
- Время переключения с основного контроллера на резервный – 5 мс.
- Точность синхронизации времени – 5 мкс.
- Максимальное количество крейтов расширения – до 255.
- Энергонезависимая память 4 (6) ГБ для архивов пользователя.
- Возможность разнесения крейтов на расстояние до 10 км (по оптоволоконной линии связи).



Крейт с модулями контроллера ReguL R600

- Среднее время безотказной работы модулей контроллера (MTBF) – 150 000 ч.
- Диапазон входного напряжения питания: 85...264 В AC/120...370 В DC, 18...36 В DC.
- Диапазон рабочих температур –40...+60°C.

Конструктивное исполнение и конфигурации

- Модули размером 6U в шасси 19" стандарта Евромеханика.
- Дополнительная EMC-защита.
- Безвинтовое крепление модулей для оперативного извлечения и фиксации модулей при «горячей» замене.
- Металлические корпуса модулей закрытого типа.
- Поддержка резервирования с расположением CPU в одном и в разных шасси.
- До 12 модулей ввода/вывода в одном шасси расширения (одноканальный вариант).
- Кольцевая структура сети внутри каждого шасси и между ними. ■

плектации пакета документов. «FMEA-анализ» САУ ГТУ Regul R600 был принят GE после детального рассмотрения этого документа и внесения некоторых уточнений.

Комплект технической документации ПЛК Regul R600, «FMEA-анализ» САУ ГТУ Regul R600 и заполненные опросные листы по техническим характеристикам были одобрены комиссией разработчиков GE. Тем самым был успешно завершён первый этап локализации САУ ГТУ.

Второй этап локализации заключался в фактической проверке комиссией GE функциональности ПЛК Regul R600. Документально подтверждалась реализация всех защитных функций системы управления, были предоставлены разработанные алгоритмы регулирования в соответствии с требованиями GE. Предоставленная «РЭП Холдинг» документация на САУ ГТУ Regul R600 была тщательно рассмотрена и одобрена комиссией GE.

Для фактической проверки функциональности ПЛК Regul R600 использовалась виртуальная математическая модель ГТУ General Electric MS5002E —

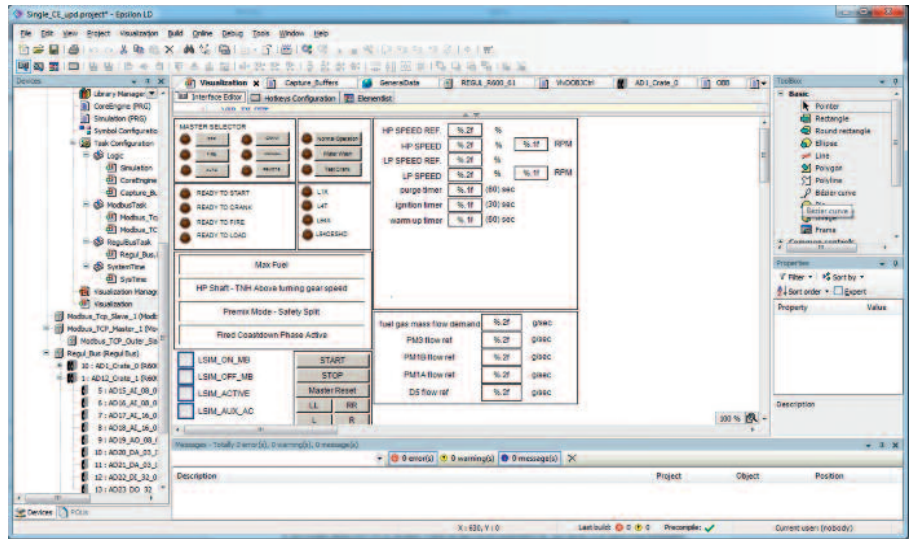


Рис. 4. Интерфейс тестовой программной модели CoreEngine CAU ГТУ 32 МВт

“Low Fidelity”. Если обычно контроллер системы управления обеспечивает передачу команд на специализированные модули вывода и получает информацию об объекте управления через модули ввода, то для предварительных испытаний контроллер был связан теми же самыми сигналами с виртуальной моделью ГТУ GE MS5002E. По известным математическим зависимостям

виртуальная модель ГТУ реагирует на команды САУ ГТУ к исполнительным механизмам и формирует соответствующие изменения технологических параметров, как если бы эти изменения были зафиксированы реальными датчиками (рис. 5).

Для проверки возможностей системы управления ГТУ MS5002E («Ладога-32») было организовано сравнение функцио-

Источники питания для монтажа на плату

- ✓ Низкая стоимость
- ✓ Высокая надёжность
- ✓ Короткое время выполнения заказа
- ✓ Стандартная площадь посадочного места
- ✓ Наивысшая удельная мощность



Маломощные источники питания АС/DC для установки на плату



Серии DC/DC-преобразователей в стандартном исполнении

XP Power

PROSOFT®

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

(495) 234-0636
INFO@PROSOFT.RU

WWW.PROSOFT.RU



Prosoft

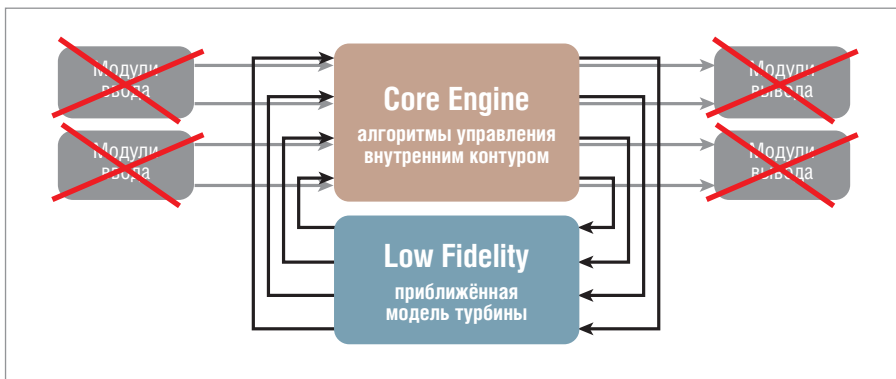


Рис. 5. Взаимодействие математических моделей

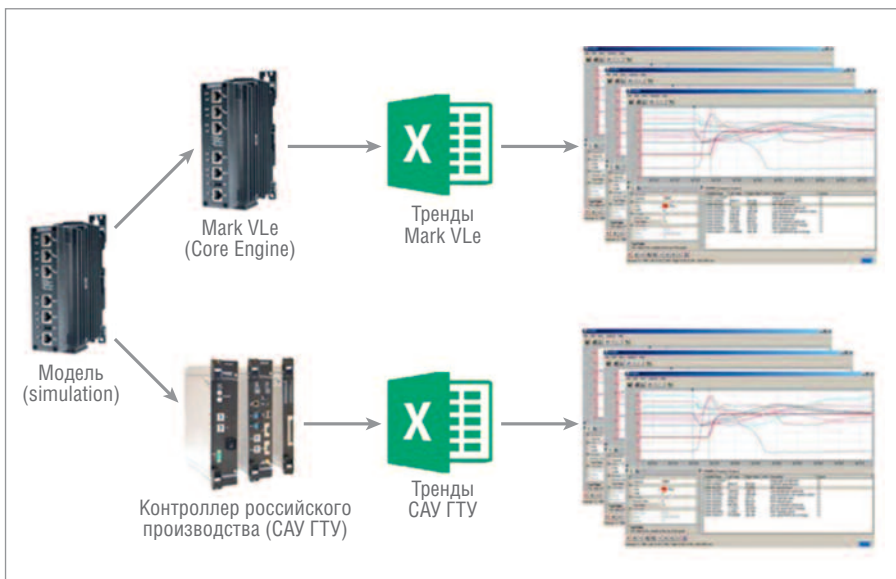


Рис. 6. Сравнение функционирования двух систем управления

нирования программы CoreEngine в программной модели ПЛК Regul R600 с функционированием программы Core-Engine в программной модели ПЛК Mark VLe от GE. В ходе динамического тестирования на входы сравниваемых программных моделей подавались одинаковые воздействия и сравнивались ответные реакции в виде формируемых «эталонных трендов».

Несколько слов про «эталонные тренды». Используя органы управления модели, виртуальная турбина выводилась в определённый тестовый режим. Этот процесс фиксировался в виде трендов входных/выходных параметров, полученных на оригинальном контроллере Mark VLe и на контроллере Regul R600. Оба контроллера выполняли «парирование» выбранной тестовой ситуации. Далее полученные тренды сверялись в программе MS Excel. Все немногочисленные обнаруженные различия в реакциях сравниваемых систем управления рассматривались комиссией специалистов GE, и на основе детального анализа делалось заключение о допустимости выявленных отклонений.

Сравнение двух систем управления (рис. 6) показало полную идентичность систем ПЛК Mark VLe и ПЛК Regul R600. По результатам этих работ комиссия GE одобрила локализацию САУ ГТУ 32 МВт (для агрегата MS 5002E) на базе ПЛК Regul R600, «закрыв» *третий этап*.

Четвёртый этап локализации – испытание готовой конструкции шкафа САУ ГТУ 32 МВт Regul R600 на объекте эксплуатации КС-9 «Малоперанская» взамен шкафа управления САУ ГТУ 32 МВт GE Mark VLe. Для проведения четвёртого этапа локализации САУ ГТУ было необходимо разработать и изготовить собственный шкаф управления взамен шкафа управления САУ ГТУ 32 МВт GE Mark VLe. Новый шкаф управления САУ ГТУ 32 МВт Regul R600 получил наименование САУ «КАСКАД».

САУ «КАСКАД». АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Система автоматического управления ГТУ 32 МВт «Ладога» (САУ «КАСКАД») выполнена на базе промышленного контроллера Regul R600 (ПЛК

Regul R600). Контроллер состоит из трёх крейтов с резервированными источниками питания.

Конструкция САУ «КАСКАД»

Конструкция САУ ГТУ 32 МВт представляет собой двоянный шкаф конструктива Rittal. Степень защиты IP54. Внешний вид шкафа САУ «КАСКАД» показан на рис. 7.

В первой секции размещены крейты контроллера Regul R600, сетевое оборудование, вторичные источники питания. Вторая секция содержит модули преобразователей сигналов, барьеры искрозащиты, блок входных клемм. Шкаф оснащён системой принудительной вентиляции с климат-контролем температуры, с локальными шкафными светильниками. Местный пульт управления – вынесенная панель оператора с установленной SCADA-системой, позволяющей оператору осуществлять ручное управление и контролировать параметры функционирования ГТУ. Связь панели оператора и шкафа САУ ГТУ осуществляется по линии связи Ethernet.

Программное обеспечение САУ «КАСКАД»

В ПЛК Regul R600 применяется операционная система реального времени QNX. Создание рабочей программы ведётся в среде Epsilon LD (разработанной компанией «ПРОСОФТ-Системы» на базе инструментального программного комплекса промышленной автоматиза-

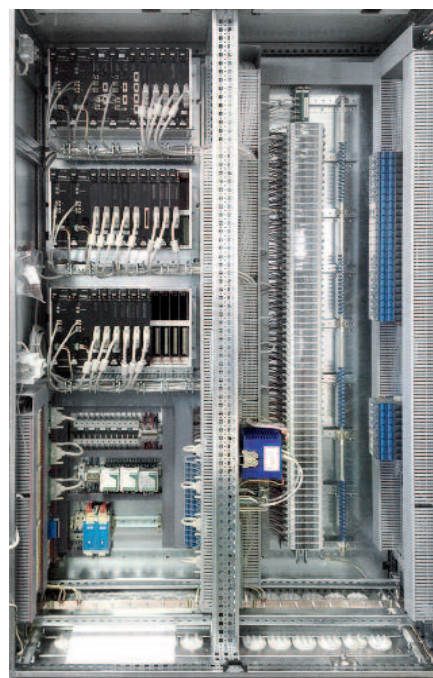


Рис. 7. Шкаф САУ «КАСКАД» на базе ПЛК Regul R600 в работе

УСТРОЙСТВО СИНХРОНИЗАЦИИ ВРЕМЕНИ ИСС

точка отсчета в информационной системе



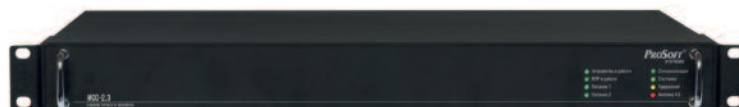
ИСС-1.1



ИСС-1.3



ИСС-2.1



ИСС-2.3

- Прием сигналов от глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS
- Формирование сигналов точного времени в форматах 1PPS, IRIG-B, IEEE 1344, 10 МГц, NMEA
- Поддержка сетевых протоколов синхронизации времени
- Диапазон рабочих температур $-40...+60^{\circ}\text{C}$
- Абсолютная погрешность 200 нс относительно UTC

Серия включена в Государственный реестр средств измерений 21.05.2018 под номером 71235-18

ции CODESYS), поддерживающей пять языков стандарта IEC 61161-3.

Среда разработки Epsilon LD позволяет осуществлять аппаратное конфигурирование контроллеров Regul RX00, создание и редактирование прикладного программного обеспечения, настройку резервирования, загрузку и выгрузку проектов, пошаговую отладку и онлайн-контроль прикладной программы, диагностику работы контроллера.

Рабочий цикл управляющей программы ГТУ включает в себя:

- Обработку интерфейсов связи с подчинёнными устройствами и САУ ГПА.
- Менеджер входных-выходных сигналов, контроль уставок, контроль положения исполнительных механизмов.
- Менеджер регламентов работы (пуск, останов, режим работы камер сгорания, контроль мощности).
- Менеджер защит по частоте вращения.
- Контур регулирования ВНА (входного направляющего аппарата).
- Контуры регулирования частот вращения ТВД и ТНД по мощности и приёмности в различных режимах.
- Алгоритм снижения эмиссии вредных газов (управление коллекторами топливного газа).
- Монитор акустического давления в камерах сгорания.
- Алгоритм продувки воздухом коллекторов топливного газа.
- Контуры регулирования количества циклового воздуха по мощности с учётом изменений режима нагрузки ГТУ.
- Информационные алгоритмы: формирование трендов, определение возможной первопричины аварии.

- Алгоритм настройки камер сгорания, при помощи которого удаётся снизить эмиссию NO_x до 5 млн^{-1} и даже менее.

Управляющая программа выполнена на языке программирования ST стандарта IEC 61161-3. Названия контрольных констант соответствуют принятым в GE сокращениям, но все параметры, участвующие в алгоритмах контроля и управления, приведены к принятой в ПАО «Газпром» системе СИ. Возможность работы при необходимости с технологическими параметрами в имперской системе измерений также предусмотрена.

Функционирование САУ «КАСКАД»

- Система контролирует технологические параметры турбины и управляет регулирующими кранами подачи топлива, воздуха, уходящих газов и направляющим аппаратом.
- Время цикла программы – 10 мс.
- Все сигналы, используемые в технологических защитах турбины, подключены к разным модулям, установленным в разных крейтах, для исключения отказа по общей причине.
- Используется резервирование шины связи с модулями ввода-вывода, система устойчива к единичным отказам шины.

Реализация защитных функций

Как было сказано, турбина MS5002E – двухвальная. Номинальные частоты вращения валов – 5714 и 7455,6 об/мин.

В связи с этим в системе управления ГТУ реализованы два регулятора оборотов/мощности турбины и две защиты от

повышенных оборотов. Для этого на турбине установлены 6 датчиков частоты (по три на каждом валу). Три датчика частоты вращения устанавливаются для обеспечения надёжности. Датчики частоты подключены к специализированным модулям контроллера Regul R600 DA 03 021. Данные модули производят измерение частоты по трём каналам для функций регулирования, а также имеют встроенную функцию защиты от повышенных оборотов и исправности датчиков частоты.

Применение автономных модулей безопасности обеспечивает защитные противоразгонные функции системы контроля и управления даже в случае выхода из строя центрального процессора САУ ГТУ.

Работы по внедрению САУ «КАСКАД»

Работы по установке и испытанию САУ «КАСКАД» проходили на объекте эксплуатации КС-9 «Малоперанская» в декабре 2017 года и были успешно завершены.

Объект «Газпрома» КС-9 «Малоперанская» (рис. 8) находится на севере республики Коми, в зоне лесотундры. Несмотря на удалённость от посёлков и городов – КС-9 расположена в полярной тайге – жизнь работающих сотрудников «Газпрома» и приезжих специалистов организована с максимально возможным комфортом. Вместе с объектами ГПА «Северный поток-1» и «Северный поток-2» построен небольшой посёлок, в котором есть всё необходимое для жизни: тёплые комфортабельные постройки, электричество, горячее водоснабжение, все виды связи, столовая. Часть романтики севера, связанная с бытовой неустроенностью, к счастью, ушла в прошлое, хотя никто не отменял морозы, вьюги, оторванность от дома, вахтовую организацию работ, жёсткий сухой закон.

Предварительно на КС-9 были проведены работы по демонтажу шкафа управления Mark VIe, а также по установке и подключению шкафа управления САУ «КАСКАД».

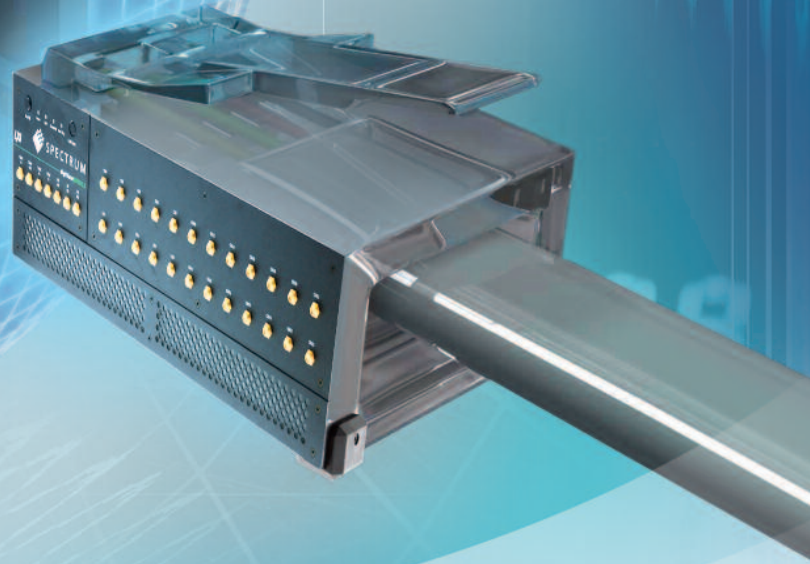
Затем был проведён комплекс испытаний САУ «КАСКАД» по четвёртому этапу «дорожной карты» локализации с газотурбинной установкой MS5002E, находящейся в эксплуатации.

С учётом того, что ПАО «Газпром» находится в первых рядах компаний, заинтересованных в применении отечественных технологий автоматизации, данная работа была согласована и со-



Источник: газпром.ги

Рис. 8. КС-9 «Малоперанская»



Измерения везде, где есть Интернет

Высокоскоростные многоканальные АЦП
и генераторы сигналов стандарта LXI



digitizerNETBOX

- более 70 моделей
- от 2 до 48 синхронных каналов
- 5 Гсэмпл/с, 8 бит
- 500 Мсэмпл/с, 14 бит
- 200 ксэмпл/с – 250 Мсэмпл/с, 16 бит



generatorNETBOX

- от 2 до 24 каналов
- 60–125 Мсэмпл/с, 14 бит
- 625 Мсэмпл/с – 1,25 Гсэмпл/с, 16 бит



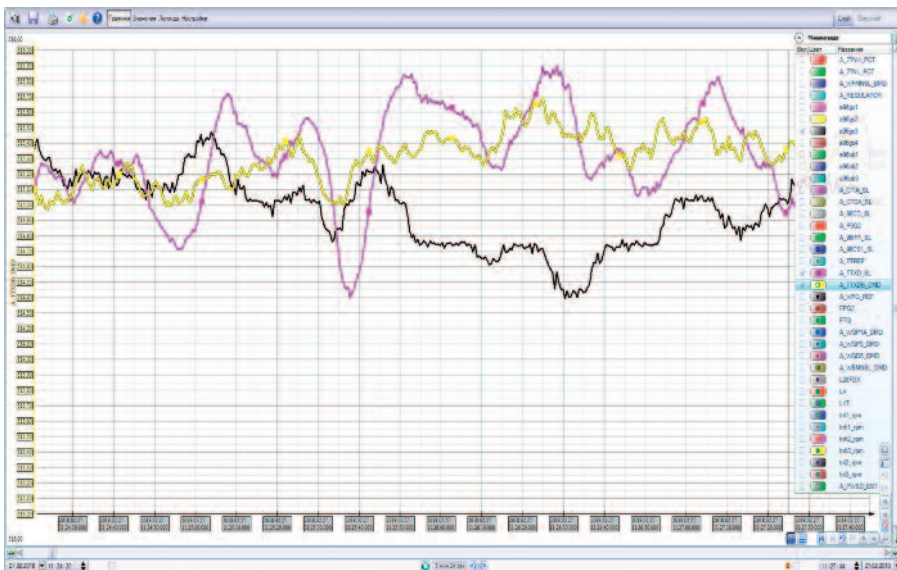


Рис. 9. Интерфейс оператора. Отображение трендов

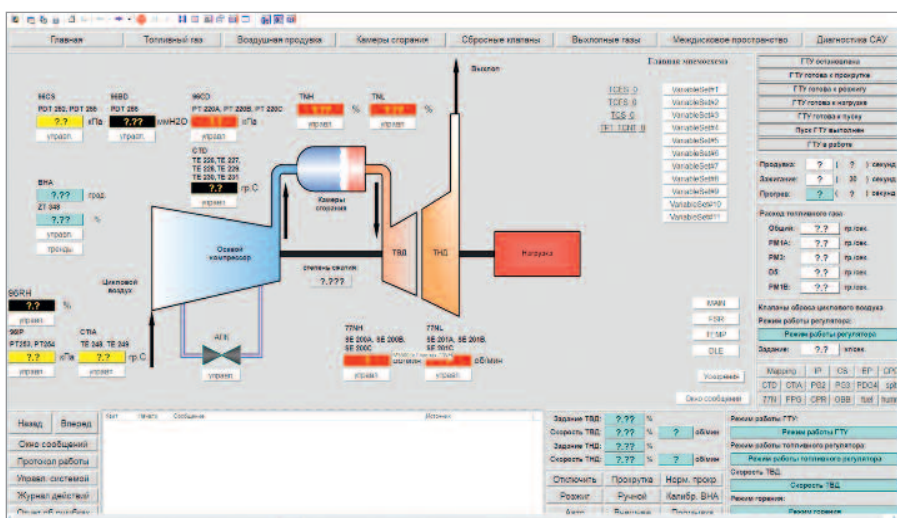


Рис. 10. Интерфейс оператора САУ «КАСКАД». Общая схема объекта управления

трудники АО «РЭП Холдинг» получили всю необходимую и очень значимую поддержку при проведении испытаний со стороны работников эксплуатации КС-9 «Малоперанская».

Все агрегаты, введённые в эксплуатацию с системой управления GE Mark VIe, проходят своего рода «дактилоскопию». Полученные в тестовых режимах работы тренды (рис. 9) архивируются в виде «отпечатка» (Fingerprint) каждой машины. Такой же «отпечаток», полученный на САУ «КАСКАД» и принятый GE, а также акт об успешном завершении 72-часовых испытаний свидетельствовали об успехе всей проведённой работы. Фрагмент интерфейса оператора местного пульта управления САУ «КАСКАД» представлен на рис. 10.

РЕЗЮМЕ

Решены задачи:

- своевременной замены на КС-9 «Малоперанская» выведенной из эксплуа-

тации импортной САУ ГТУ 32 МВт GE Mark VIe на САУ «КАСКАД»;

- успешного внедрения ПЛК Regul R600 отечественного производства как основной элементной базы САУ «КАСКАД»;
- поэтапной локализации САУ ГТУ 32 МВт GE Mark VIe и изготовления оборудования САУ «КАСКАД»;
- документального подтверждения возможности взаимозаменяемости систем управления на базе Mark VIe и Regul R600;
- проведения работ по испытаниям и вводу в эксплуатацию САУ «КАСКАД».

Обеспечена возможность проведения силами отечественных специалистов сервисных работ с САУ ГТУ 32 МВт и при необходимости выполнения доработок программы функционирования ГТУ по задачам эксплуатации.

Проведённая АО «РЭП Холдинг» работа по локализации САУ ГТУ 32 МВт

наглядно показала, что квалификация и опыт отечественных специалистов соответствуют мировому уровню и позволяют успешно решать задачи локализации, разработки и изготовления специализированных систем управления на существующей отечественной элементной базе ПЛК, ни в чём не уступающей по своим характеристикам лучшим мировым образцам оборудования для систем управления.

Это ответ отечественному бизнесу, который, несмотря на многочисленные решения об импортозамещении на государственном уровне, до сих пор безоговорочно доверяет зарубежным разработчикам и производителям систем автоматизации – переплачивает сам и заставляет, в конечном итоге, оплачивать работу зарубежных специалистов население России.

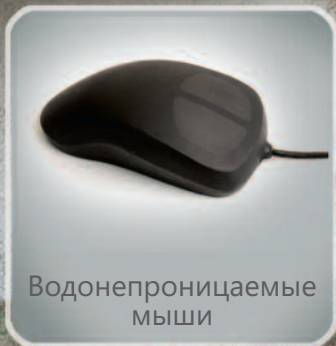
И несколько слов о перспективах развития данной темы. САУ «КАСКАД» должна стать серийной. Уже изготовлен и отгружен заказчику второй шкаф системы управления «КАСКАД». Его эксплуатацию планирует начать после проведения реконструкции на КС «Вавожская», в самое ближайшее время. Необходимо внедрить применение газотурбинного двигателя MS5002E для привода электрогенератора, потому что использование MS5002E для привода нагнетателя природного газа не является единственным возможным для данной системы управления.

Оглядываясь назад, можно отметить, что в успешной реализации замены САУ ГТУ Mark VIe на САУ «КАСКАД» с управляющим ПЛК Regul R600 сработала та самая синергия (на которую сейчас возлагаются особенно большие надежды) совместных усилий руководства и специалистов АО «РЭП Холдинг», сотрудников технических подразделений «ПРОСОФТ» и «ПРОСОФТ-Системы» оперативно и предметно поддерживавших этот проект. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Елов А., Добрян Д. Отечественный контроллер для ответственных применений // Современные технологии автоматизации. – 2015. – № 3.

**Авторы – сотрудники
АО «РЭП Холдинг»
и фирмы ПРОСОФТ
Телефон: (812) 448-0444
E-mail: info@spb.prosoft.ru**



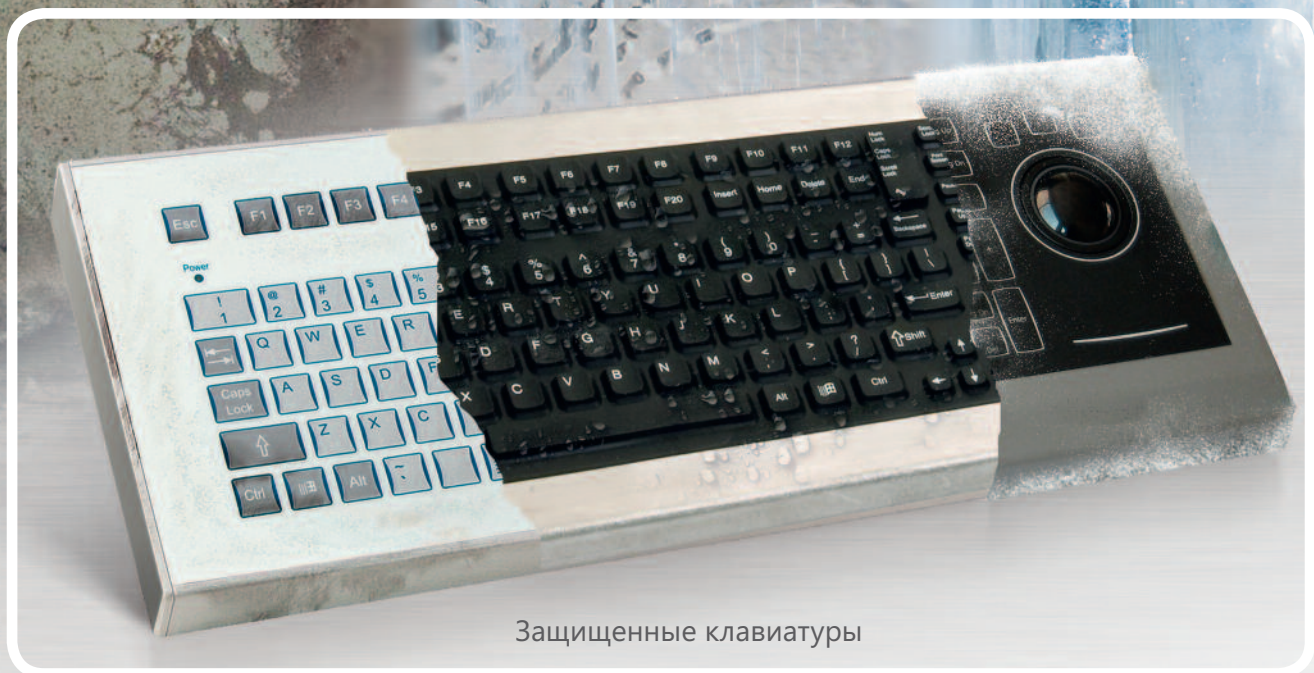
Водонепроницаемые
мыши



Механические
трекболы



Лазерные
трекболы



Защищенные клавиатуры

УСТРОЙСТВА ВВОДА ДЛЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ

InduKey

NSi

iKey

- Множество вариантов исполнения и установки
- Различные варианты интерфейсов, в том числе беспроводных
- Степень защиты до IP68
- Устройства, соответствующие IEC 60945
- Опциональная регулируемая подсветка
- Возможность кастомизации

PROSOFT[®]

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

(495) 234-0636
INFO@PROSOFT.RU

WWW.PROSOFT.RU



Реклама