

iPC GRIDEX II – промышленный компьютер, разработан и производится в России

TORNADO 
MODULAR SYSTEMS



- включен в реестр российской продукции
- срок поставки стандартных складских конфигураций 4-5 недель
- безвентиляторное промышленное исполнение
- спроектирован для длительного срока эксплуатации до 15 лет в режиме 24/365
- соответствие стандартам по ЭМС
- два типоразмера: 19" или 11" для монтажа на плату
- варианты питания: 24VDC или 220VAC/VDC или дублированное 220VAC/VDC
- процессоры Intel i3, i5, i7, AMD, Эльбрус
- видеовыходы 2*HDMI или 2*DisplayPort (до 4 мониторов)
- 4*USB
- до 6ти RS-485/422/232
- до 5ти Ethernet 1Gbit
- SSD mPCIe + 2*SSD/HDD 2.5"
- поддержка PTP (IEEE 1588 V2)
- гарантия 2 года

ПТК «Торнадо» – уникальное решение для автоматизации сложных технологических процессов, или Почему ПТК – не ПЛК

В связи с появлением на рынке новых достаточно агрессивных игроков в сфере автоматизации объектов тепло- и электрогенерации, стремящихся как можно быстрее завоевать наиболее выгодные конкурентные позиции, а также в силу различных жизненных причин (таких как смена поколений руководителей в компаниях-заказчиках, смена персонала и пр.) возникает недопонимание, а порой и глубокое заблуждение относительно теоретических и практических различий между такими сложными понятиями, как программно-технический комплекс (ПТК) и программируемый логический контроллер (ПЛК). Зачастую некоторые компании, не обладая достаточным опытом в энергетической отрасли, предлагают потенциальным потребителям решения на основе ПЛК и SCADA в «коробочном» варианте, что в корне ошибочно. Для управления сложными, многосвязными и быстродействующими технологическими процессами генерации тепловой и электрической энергии применим только по-настоящему комплексный подход на базе ПТК. Об этом мы беседуем с [Олегом Сердюковым](#), генеральным директором новосибирской компании ООО «Модульные Системы Торнадо», являющейся одним из ведущих российских разработчиков и производителей средств автоматизации и программно-технических комплексов управления и контроля для энергетики, промышленности, транспорта и других отраслей. Компания создала уникальное решение – ПТК «Торнадо», предназначенный для автоматизации технологических процессов, в том числе в сфере генерации энергии. ■■■■■

ЦИТАТА: Предложенная нами архитектура по своим возможностям кратно превосходит любой ПТК с традиционными контроллерами. Мы считаем, что решения с применением традиционных контроллеров безнадежно устарели.

ИСУП: Олег Викторович! Объясните, пожалуйста, почему при автоматизации сложных технологических процессов надо применять ПТК, а не ПЛК.

О. В. Сердюков: Автоматизация технологических процессов, которые ведутся на объектах генерации энергии, это комплексная и очень сложная задача – на порядок сложнее, чем, допустим, автоматизация технологических процессов в химической промышленности, хотя и в химии во всем мире применяют ПТК. Выполнять автома-

тизацию посредством программируемых логических контроллеров (ПЛК) и ПО в «коробочном» варианте, что называется «взятых с полки», просто невозможно. Задачи такого класса решаются только средствами программно-технических комплексов, в которых решены все вопросы обеспечения нужного уровня надежности, быстродействия, детерминированности, программный пакет которых включает большой и достаточный для основных технологических функций набор программ, функциональных блоков, библиотек базовых элементов и т.д.

Кроме того, для решения сложных задач – таких, как на энергоблоках, требуется не классический ПЛК с предустановленным набором функций и операторов, а как минимум свободно программируемый контроллер, в который можно загрузить любую программу, написанную на стандартных технологических языках, в основном FBD и SFC с ST. Важна и масштабность задач управления на таких объектах, включающих сотни функциональных техно-

логических узлов, тысячи физических каналов контроля/управления, автоматизацию которых невозможно выполнить без полноценного проекта и рабочей документации, без заполнения проектной базы данных, из которой в формате конфигурационных файлов должен в полуавтоматическом режиме программироваться ПТК без всякого ручного ввода переменных и параметров. Все системные элементы должны быть не только тщательно подогнаны друг к другу, но и протестированы, и проверены в реальных условиях на протяжении 1–2 лет, прежде чем появится новая версия ПТК, тиражируемая далее. Ну и много тонкостей, о которых в двух словах не расскажешь. Хотя для примера можно упомянуть одно из ключевых требований к ПТК в энергетике и других критически важных объектах (КВО) – устойчивость к любому единичному отказу (подразумевается, что при любом единичном отказе любого элемента ПТК функции управления объектом не нарушаются). Это достигается с помощью целого комплекса мер и решений как в архитектуре ПТК, так и в структуре, в особенностях системного ПО и т. д.

ИСУП: Объясните, пожалуйста, в чем состоит концепция вашего решения и как построена архитектура ПТК «Торнадо».

О. В. Сердюков: Первое и основное: это архитектура, целиком построенная на дублированной сети Ethernet и применении стандартных сетевых стеков и протоколов, что сразу дает колоссальные преимущества перед всеми другими системами, построенными на так называемых «полевых» шинах:

- ▶ на один или даже два порядка более высокие скорости передачи информации;
- ▶ любые среды передачи – медь, оптика, радио;
- ▶ это самая доступная, массовая и быстроразвивающаяся технология, и не надо самому что-то придумывать и в одиночку «толкать»;
- ▶ возможность одновременного опроса всех устройств, подключенных к сети, а не по очереди («спроси» – «дождись ответа» – «переходи к опросу следующего»). Это колоссальное преимущество – мы опрашиваем все устройства ввода/вывода в среднем за 1 мс, таймаут на опрос настроен на 3–5 мс, а если будут от-

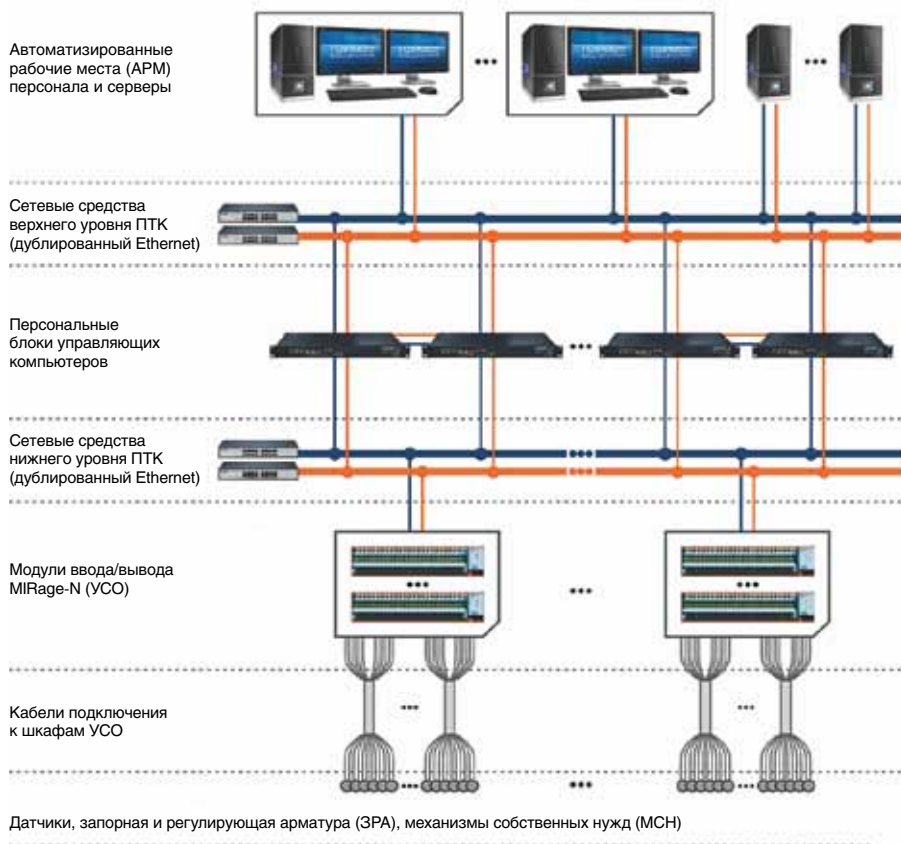
казы и не все устройства ответят, то это никак не скажется на нормально работающих устройствах, в отличие от всего, что основано на RS-485, например. Кроме того, время опроса не зависит от количества физических сигналов в системе, а зависит только от количества компьютеров, которые ведут опрос устройств ввода/вывода.

Мы прекрасно понимаем, что где-то RS-485 подойдет лучше Ethernet, но для ПТК, предназначенных для автоматизации крупных и сложных технологических объектов, все полевые шины являются безнадежным пережитком прошлого и совершенно неэффективны.

Следующий, второй краеугольный камень нашей архитектуры – устройства распределенного ввода/вывода (УРВВ) MIRage-N (рис. 2) с дублированным Ethernet-100, которые выполняют только оцифровку и первичную обработку сигналов. Больше никакого закачиваемого внутрь интеллекта! Поскольку, если интеллект начнет в таких системах «расползаться» по устройствам, будет невозможно администрировать и сопровождать такую систему, не совершая массовых ошибок, а цена ошибки может быть очень высокой. Все модули предельно просты, одинаковы по системным базовым характеристикам, с одной прошивкой на все типы ввода/вывода, просты в обслуживании, замене и т. д. Все модули в системе подключены к одной дублированной сети.

Ну и третье, нужны «мозги», в которых крутятся алгоритмы управления, которые контролируют через УРВВ MIRage-N текущий вектор состояния объекта и формируют вектор управления технологическим объектом в требуемом детерминированном темпе технологического процесса. В принципе в качестве мозгов можно использовать все, что угодно, лишь бы была достаточная вычислительная производительность и несколько независимых портов Ethernet. А раз так, то почему бы не применить стандартные промышленные компьютеры? И мы их применяем для ответственных объектов в виде резервированной пары! А сейчас делаем свои промышленные компьютеры Gridex-2, потому как другие не очень нравятся по разным причинам.

Собственно, всё очень просто, а вот дальше начинаются технические ме-



Технологический объект

Рис. 1. Схема построения системы на базе ПТК «Торнадо»



Рис. 2. Устройство ввода/вывода серии MIRage-N

лочи, в которых всё ноу-хау и содержится, но если сделать не совсем правильно, то идея «не взлетит» и работать как надо не будет. Мы нашли решения для всех тонких вопросов и обеспечили прекрасную работу этой простой и красивой идеи.

ИСУП: Почему вы решили, что с контроллерами строить систему нецелесообразно?

О. В. Сердюков: В сущности, на этот вопрос я уже ответил. Предложенная нами архитектура по своим возможностям кратно превосходит любой ПТК с традиционными контроллерами. Мы считаем, что решения с применением традиционных контроллеров безнадежно устарели.

Дело в том, что мы выполняем полный цикл работ: мы и проектировщики, и разработчики, и производители, и наладчики. Всё, что мы придумываем, потом сами внедряем и обслуживаем на конкретных объектах. И классический контроллер нам не нравится по ряду конкретных причин, например, для того чтобы встроить контроллер в систему, нужна куча проводов, блоки полевых интерфейсов, переходные реле, набор клемм, то есть огромный внутренний шкафной монтаж. А дальше уже от шкафа отходит провод «в поле». У нас полевые сигналы собирают устройства ввода/вывода серии MIRage-N, которые, по сути, являются унифицированными блоками полевых интерфейсов с полевым клеммником и простым блоком обработки с дублированным Ethernet. На них уже есть всё, что необходимо: подпружиненный клеммник сечением до 2,5 мм, нужные типы согласователей сигналов и небольшой микроконтроллер, который ведет оцифровку и по дублированному Ethernet передает данные по запросу. Разъемы модулей способны

работать как на ввод, так и на вывод, это легко перенастраивается. Взаимодействие с модулями MIRage-N возможно на скорости до 100 Мбит/с, что обеспечивает высокую скорость передачи данных.

Отмечу еще одно наше решение: всё, что в этих модулях может «сгореть», — съемное и заменяемое. Только основная плата жестко спаяна, но на ней нечему «гореть» — нет ничего, кроме проводников и разъемов. В случае выгорания не придется делать трудоемкий перемонтаж полевого кабеля, это экономит силы и ресурсы обслуживающего персонала, исключает ошибки при замене.

ИСУП: А в целом как построена такая система АСУ ТП, какова ее архитектура, включая более высокие уровни?

О. В. Сердюков: О среднем уровне нашей системы я рассказал. Далее над промышленными компьютерами, или, как мы их называем, процессорными блоками, где собственно все программы управления исполняются, функционирует наш сервер приложений (СП). Это программа, которая может работать на каком-то из компьютеров системы или на отдельном компьютере — это как определяют проектом. Сервер приложений представляет собой некое связующее звено между уровнем управления в режиме реального времени и верхним уровнем человеко-машинного интерфейса. При этом на уровне СП формируется оперативная база данных техпроцесса, глубина которой настраивается. Естественно, СП дублируется, и таких дублированных пар может быть несколько, если надо. От СП информация попадает в АРМ, на серверы архивной базы данных и другие. Серверы хранят и накапливают базу данных состояний объекта,

служат для коммуникаций с внешними сетями и веб-сервисами. Однако в архитектуре ПТК «Торнадо» серверы не являются элементами оперативного контура, что обеспечивает независимость управления от компьютеров верхнего уровня (АРМ и других серверов). АРМ оператора служат для визуального отображения процесса и управления технологическим оборудованием с помощью мнемосхем. Имеются специализированные видеоклады для визуализации защит, блокировок, сигнализации, трендов. Средствами инженерных АРМ выполняются настройка, диагностика и тестирование ПТК, калибровка средств измерений, восстановление и резервное копирование программной части комплекса, формирование отчетов, а также расширение и развитие АСУ ТП (рис. 3).

ИСУП: Значит, роль контроллеров в данном случае выполняют компьютеры — процессорные блоки?

О. В. Сердюков: Скорее, вся система целиком представляет собой своеобразный единый мультикомпьютерный контроллер. Часть контроллерных функций берут на себя модули ввода/вывода (первичную обработку сигналов, об этом я уже говорил), часть выполняется виртуально — это программы управления, функционирующие в облаке пула процессорных блоков. Если определены алгоритмы и устройства, от которых запрашиваются данные, то контроллер становится виртуальным вплоть до того, что на базе одного процессорного устройства (ПУ) может быть организовано несколько виртуальных контроллеров (управляющих программ) с разными функциями, и наоборот, с одним устройством УСО может опрашиваться одновременно несколькими ПУ. Распределенная среда управления в данном случае не наклад-

дывает никаких ограничений на количество используемых устройств — они могут резервироваться, дублироваться, троироваться, сколько требуется для обеспечения отказоустойчивости. Распределенная среда управления значительным образом отличается по архитектуре от ПТК других производителей и дает разработчикам большую степень свободы, позволяющую создавать разнообразие систем управления, наделая их свойствами, важными для ПТК крупных и ответственных технологических объектов, в том числе теплоэнергетики.

Преимущества такой системы:

- ▶ данные любого модуля ввода/вывода становятся доступны для любого устройства обработки;
- ▶ один из трудоемких этапов проектирования ПТК — компоновка контроллеров — значительно упрощается, поскольку функции контроллеров, их структура и состав становятся программно конфигурируемыми;
- ▶ система становится более отказоустойчивой, поскольку функции отказавшего элемента может взять на себя другой элемент;
- ▶ отменяются ограничения, связанные с глубиной резервирования, то есть степень резервирования может быть больше двух;
- ▶ в качестве среды передачи данных можно использовать различные варианты: медные или оптоволоконные кабели, беспроводную связь;
- ▶ надежность работы достигается за счет возможности дублирования информационной магистрали;
- ▶ практически отсутствуют ограничения по расширению, система легко масштабируется и расширяется без влияния на ранее установленное оборудование ПТК;
- ▶ система обладает улучшенными эксплуатационными и метрологическими характеристиками по сравнению со многими современными аналогами;
- ▶ модули заменяются безударно, без демонтажа полевых кабелей;
- ▶ система может быть расширена без значимой модификации действующей части;
- ▶ цикл управления конфигурируется для каждой программы управления в ПУ, минимальная длительность цикла может составлять до 5 мс;



Рис. 3. Обработка сигналов в распределенной системе управления

- ▶ время опроса УСО составляет порядка 1–2 мс.

ИСУП: И как бы вы охарактеризовали быстродействие такой системы?

О. В. Сердюков: Опыт внедрений показывает, что такая АСУ позволяет одновременно обрабатывать десятки тысяч сигналов с циклами регулирования от 10 мс.

Для автоматизации больших технологических процессов, в том числе таких, как генерация тепла и электроэнергии, быстродействие меньше 15–20 мс не требуется (бывает, но редко). Типовые циклы имеют быстродействие 100 мс, защиты по нормам — до 50 мс. Мы же в своих системах обеспечиваем типовые циклы 50 мс, а защитные — 25 мс. Опрос всех модулей в системе происходит за 2 миллисекунды. Управляющий компьютер опрашивает модули, у него таймаут 3 миллисекунды. Если за это время данные не прилетели, срабатывает таймаут.

ИСУП: Система «Торнадо» напоминает единую информационную магистраль. В связи с этим закономерно возникает вопрос о безопасности. Не приведет ли такая архитектура к уязвимости системы — к тому, что при нарушении одного из звеньев всё разрушится?

О. В. Сердюков: На самом деле, это суждение не соответствует истине, так как технически система строится на многосегментной основе, которую сломать очень сложно, потому что в ней используется распределенная

сеть с древовидной топологией, где можно запрограммировать любые варианты на случай повреждения между сегментами, например, альтернативные маршруты передачи данных.

ИСУП: Как реализован в ПТК человек-машинный интерфейс?

О. В. Сердюков: Структура ПТК «Торнадо» устроена так, что в ее архитектуре человек-машинный интерфейс играет достаточно утилитарную, даже второстепенную роль и никоим образом не является центром ПТК в отличие от многих аналогов, где, наоборот, все вокруг него вращается.

Я уже говорил, что в архитектуре ПТК «Торнадо» серверы верхнего уровня не являются элементами оперативного контура, управление от них не зависит. Управление зависит от управляющих программ, исполняемых на процессорных блоках. Человек-машинный интерфейс служит в основном для уведомления — отображения информации.

ИСУП: Тогда давайте поговорим о программном обеспечении. Насколько я знаю, в своем уникальном решении вы используете стандартное ПО. Почему и как это работает?

О. В. Сердюков: Да, наш ПТК «Торнадо» базируется на стандартном программном обеспечении. Из всех существующих ПТК он, пожалуй, самый стандартный, потому что мы максимально используем существующие общие стандарты и готовое ПО. Например, процессорные блоки комплекса

работают под управлением операционной системы Microsoft Windows 7 Embedded. Для разработки и исполнения управляющих программ используется интегрированная среда ICS Triplex ISaGRAF, отвечающая всем требованиям международного стандарта IEC 61131-3 на инженерные языки программирования.

Среда разработки ISaGRAF работает под управлением операционной системы Windows Embedded и установленной на процессорном блоке системы исполнения – ядра ISaGRAF. При программировании можно использовать любой из пяти инженерных языков стандарта IEC 61131-3: FBD, LD, ST, SFC или IL. Детерминированная конфигурация программного обеспечения процессорных блоков гарантирует выполнение прикладных программ в среде ISaGRAF в режиме реального времени.

При этом следует отметить, что во круг всего этого нами было написано несколько десятков очень серьезных программных компонентов, которые превращают всё решение в единый уникальный программно-технический комплекс, решающий все необходимые задачи.

В помощь разработчикам управляющих программ мы предлагаем проверенную на практике библиотеку функциональных блоков, предназначенных для управления широкой номенклатурой технологического оборудования: задвижками, исполнительными механизмами, регуляторами, а также для программирования функционально-группового управления (ФГУ), автоматического включения резерва (АВР) и много другого.

Мнемосхемы и видеоклады технологических процессов реализуются на АРМ операторов с помощью разработанных в компании элементов визуализации в виде объектов ActiveX, исполняемых в среде SCADA Wonderware InTouch или Explorer. Системы управления базами данных используют сервер Microsoft SQL. Для изменения настроек системы реализовано специализированное программное обеспечение «Конфигуратор», разработанное в компании «Модульные Системы Торнадо». Обмен информацией в системе производится с применением стандартных протоколов связи TCP и UDP и высокоуровневых протоколов DDE, OPC и ModBus.

Также следует сказать, что в нашей системе очень простой и понятный язык скриптов, и даже не программисты, а технологи легко его осваивают. Суммируя всё сказанное, мне бы хотелось добавить, что ПТК «Торнадо» является полноценным комплексным решением, проверенным на десятках крупных объектов. Наш подход и решения основаны на огромном практическом опыте. Мы строим автоматизированные системы управления для объектов генерации с 1999 года, когда появилась первая версия нашего ПТК «Торнадо-М», а с 2010 года начали внедрять ПТК нового поколения «Торнадо-Н», о котором я и рассказывал, при этом очевидно, что большая часть ПО совместима и работает как на старой, так и на новой версиях ПТК.

В период производства первого поколения ПТК «Торнадо-М», с 1999-го по 2021 год, заказчикам было поставлено более ста АСУ ТП на базе этого ПТК. У некоторых из них срок эксплуатации превысил 20 лет, и требуется их обновление. К 2018 году нами была разработана технология «мягкой, безударной» замены первой версии ПТК на активную. В этом плане нам удалось добиться беспрецедентного результата, не имеющего аналога в мире, – замена старого оборудования происходит в существующих шкафах путем замены старых модулей на новые в тех же габаритах, с сохранением всех схем подключения, без замены и без перекоммутации полевого кабеля, без изменения проекта полевого уровня, алгоритмов, прикладного ПО. Благодаря этому заказчик получает уникальную возможность продлить срок службы АСУ ТП с новым, современным ПТК на 15–20 лет при минимальных затратах. Любой «бульдозерный» вариант с полной заменой ПТК будет стоить в 3–5 раз дороже, поскольку надо будет выполнить весь комплекс работ – проектирование, изготовление нового ПТК, демонтаж старого, монтаж нового, перемонтаж кабельных связей, всю наладку, включая «поле».

«Модульные Системы Торнадо» является компанией «полного цикла» по автоматизации объектов теплоэнергетики. Она обладает всеми необходимыми компетенциями для проектирования АСУ ТП, изготовления ПТК для АСУ ТП, его наладки и наладки автоматики на объекте управления, включая пусковые операции, последующую

опытную эксплуатацию с доналадкой режимных регуляторов и сдачу объекта в промышленную эксплуатацию, а также последующий сервис в течение всего жизненного цикла. На сегодняшний день в эксплуатации находятся более 250 АСУ ТП, построенных на базе ПТК «Торнадо», в том числе на энергоблоках таких крупных объектов энергетики, как Новосибирская ТЭЦ-5, Краснодарская ТЭЦ, Красноярская ТЭЦ-3, Южно-Сахалинская ТЭЦ-1, ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2 Астана-Энергия (Казахстан), ГЭС «Бочац», РигЭС «Углевик» (Республика Сербская) и других.

ИСУП: Уже несколько лет в нашей стране ведется работа над импортозамещением, в частности – над развитием отечественного станкостроения, микропроцессорного оборудования и т. д. Было принято Постановление Правительства РФ № 719, на основании которого продукция может получить статус российской. Какие аппаратные разработки в компании «Торнадо» имеют такой статус?

О. В. Сердюков: Начнем с того, что большая часть нашего аппаратного обеспечения уже внесена в реестр Российского оборудования. Но работа над внедрением отечественных компонентов в наши изделия постоянно ведется. Например, мы выполнили редизайн модулей ввода/вывода MIRage-N, которые с конца 2021 года будут выпускаться на отечественном микропроцессоре компании «Миландр». Ждут перемены и наши компьютеры Gridex, в которые мы планируем установить российские процессоры. В частности, проверили на совместимость с нашим ПК центральный процессор «Эльбрус-1С». Всё нормально работает. Но мы ждем новый процессор – «Эльбрус-2С3» и в конце этого года ожидаем получить его от ПАО «ИНЭУМ им. И. С. Брука» для тестирования.

Беседовал С. В. Бодрышев,
главный редактор журнала «ИСУП».

TORNADO 
MODULAR SYSTEMS

ООО «Модульные Системы Торнадо»,
г. Новосибирск,
тел.: +7 (383) 3633-800,
e-mail: info@tornado.nsk.ru,
сайт: www.tornado.nsk.ru