

Как распределенная архитектура «Торнадо 2.0» меняет подходы к АСУ ТП

За 27 лет существования программно-технического комплекса (ПТК) «Торнадо» его архитектура прошла несколько этапов развития. Первую версию комплекса – «Торнадо-М» – новосибирская компания «Модульные Системы Торнадо» выпустила в 1999 году. А с 2010 года развивался «Торнадо-N», в котором разработчики отказались от привычной схемы с центральным контроллером, опрашивающим датчики и передающим команды исполнительным устройствам. В новой системе сигналы собирали устройства ввода/вывода MIRage-N, подключенные к дублированной сети Ethernet-100, а алгоритмы выполнялись на промышленных компьютерах. Опрос модулей занимал порядка 1–2 мс, минимальная длительность цикла управления составляла до 5 мс, а система могла одновременно обрабатывать десятки тысяч сигналов. В 2023 году к этой архитектуре добавились собственный промышленный компьютер Gridex-II, резервированная пара вычислительных блоков и дублированный Ethernet. Параллельно развивалось системное программное обеспечение: управляющие компьютеры работали под Astra Linux, а для человеко-машинного интерфейса разрабатывалась собственная программная платформа.

В новой версии ПТК – платформе «Торнадо 2.0» – линия децентрализованной архитектуры получила продолжение. Перед разработчиками стояла конкретная задача: как распределить вычисления по сети так, чтобы сохранить детерминированность цикла и работоспособность системы при отказе отдельного узла. Где выполняется алгоритм управления, как синхронизируются данные от устройств ввода/вывода и что происходит при потере вычислительного модуля – об этом рассказывает [Александр Лопатин](#), директор по производству ООО «Модульные Системы Торнадо».

Александр Сергеевич! В чем основная проблема традиционных систем управления, которую вы попытались решить? В чем вы видите узкое место классической архитектуры?

В классической связке весь интеллект сосредоточен в одном устройстве – контроллере. Это единая точка отказа. Если он выходит из строя или зависает, процесс останавливается. Кроме того, последовательный опрос датчиков (особенно на шинах RS-485) создает задержки, которые критичны для быстрых процессов.

В «Торнадо 2.0» мы ушли от иерархии. У нас все узлы (датчики, приводы, операторские станции) равноправны и общаются через единую сеть. Если один вычислительный модуль недоступен, алгоритм запускается на другом. Это не просто «замена железа», это смена логики управления.

Давайте поговорим о технических параметрах системы. Каких показателей времени цикла удалось достичь и за счет каких решений?



▲ А. С. Лопатин, директор по производству ООО «Модульные Системы Торнадо»

Мы реализовали параллельный опрос модулей. Для нас гарантированное время цикла до 2 мс — это рабочий режим, при этом мы сохраняем производительность при подключении до 100 устройств ввода/вывода.

Важный момент: мы не используем специализированные ASIC-чипы. Применяются стандартные промышленные компьютеры и открытый Ethernet. Это дает гибкость в выборе «железа» и упрощает масштабирование. С точки зрения детерминизма мы опираемся на стандартные механизмы синхронизации, включая IEEE 1588.

Расскажите о своем промышленном компьютере Gridex. Чем он интересен?

Мы спроектировали IPC Gridex, когда поняли, что стандартные зарубежные процессорные блоки не обеспечивают нужную степень свободы для нашего ПО. Это безвентиляторное исполнение с пассивным охлаждением, рассчитанное на диапазон температур от -20 до +70 °C.

Но главное — концепция конструктора. Материнская плата EBX позволяет устанавливать процессорные модули Qseven, а это — архитектурная независимость: можно работать и с x86, и с ARM, сейчас мы рассматриваем варианты с российскими процессорами. Пять независимых портов Ethernet и стойкость к электромагнитным помехам (IEC 61850-3) дают возможность применять компьютер Gridex в энергетике.

Российские решения часто критикуют за «закрытость» для стороннего оборудования. Как обстоят дела у вас?

Мы строим систему как открытую среду. «Из коробки» поддерживаются Modbus, OPC UA, Profibus, CAN. Заказчик не привязан к нашему шкафу — он может использовать свой парк устройств, включая Siemens, белорусские приборы или отечественные аналоги. Мы не продаем «железо» как обязательный элемент, а предлагаем среду управления, которая адаптируется под существующую инфраструктуру.

Как меняется работа технолога-программиста при переходе на вашу платформу?

Мы не ломаем привычные языки стандарта IEC 61131-3 (FBD, ST, SFC), но мы убрали рутину. В нашей

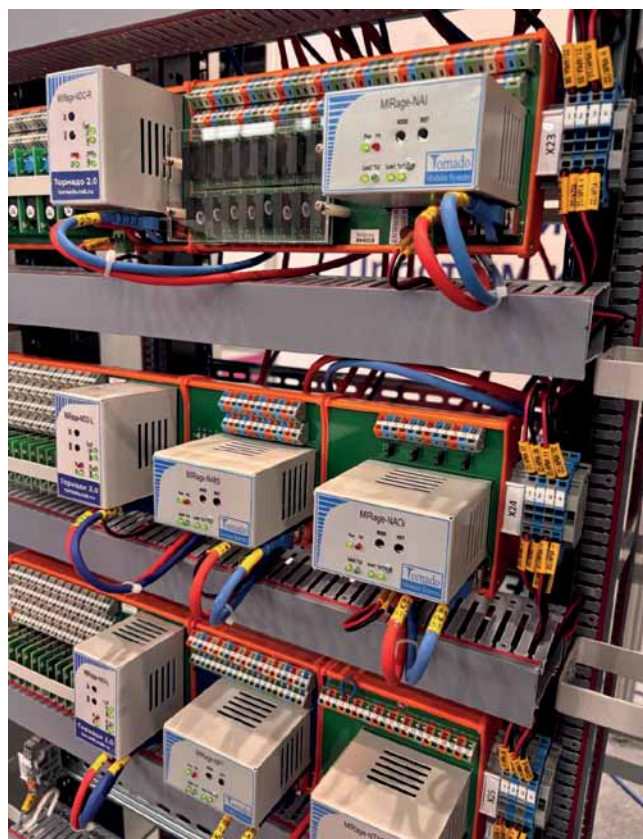


Рис. 1. Шкаф с модулями ввода/вывода MIRage-N

среде TorStudio работа строится через проектную базу данных. Инженер не вводит сигналы вручную — система автоматически генерирует связи на основе конфигурации. Это другой подход к хранению данных, который сокращает время пуска наладки и минимизирует человеческий фактор.

Насколько ваша платформа конкурентоспособна на фоне систем типа Siemens S7 или DeltaV?

Многие западные решения имеют программные и аппаратные ограничения, например, лимит на количество модулей ввода/вывода или время цикла до 128 мс. У нас таких жестких привязок нет. Но мы не призываем «ломать и менять». Наш подход — оставить существующие шкафы и датчики, но заменить логику управления на более быструю и распределенную. Это позволяет не списывать оборудование, а повышать его эффективность.

Кстати, ПТК «Торнадо 2.0» уже внесен в реестр отечественного ПО и имеет допуск к объектам электроэнергетики.

Какие, на ваш взгляд, направления развития системы будут в приоритете на ближайшие годы?

Поскольку мы работаем с потоком данных на уровне миллисекунд, логичным шагом станет встраивание алгоритмов предиктивной аналитики и AI непосредственно в контур управления. Также мы активно работаем над расширением экосистемы: занимаемся интеграцией с MES-системами, развиваем партнерство с производителями датчиков и системными интеграторами. Наша задача — чтобы «Торнадо 2.0» стал не просто продуктом, а стандартной средой для цифровизации промышленности.

Беседовали: С. В. Бодрышев,
главный редактор журнала «ИСУП»;

TORNADO
MODULAR SYSTEMS

А. С. Лопатин, директор по производству
ООО «Модульные Системы Торнадо»,
г. Новосибирск,
тел.: +7 (383) 3633-800,
эл. почта: info@tornado.nsk.ru,
сайт: www.tornado.nsk.ru

Иллюстрации предоставлены
ООО «Модульные Системы Торнадо»