



Основу архитектуры АСУ ТП сложных неоднородных объектов составляют мультипроцессорные контроллеры, построенные на базе кластеров интеллектуальных модулей

Леонид Тараненко,  
tar@ivl.kiev.ua

# Стратегический выбор

**И**звестно, что первой задачей, которую предстоит решить при проектировании АСУ ТП, является разработка архитектуры программно-технического комплекса (ПТК) системы. Для автоматизации технологических процессов на крупных промышленных предприятиях и в энергогенерирующих компаниях требуется создание сотен каналов контроля и управления различного назначения, отличающихся количеством сигналов, временными параметрами, алгоритмами обработки информации и другими характеристиками. Такие предприятия относятся к сложным неоднородным объектам, представляющим собой совокупность подсистем, которые состоят из функциональных узлов. Данные узлы в свою очередь содержат более мелкие компоненты — агрегаты, технологические модули и т. д. При этом очевидно, что в силу такого разнообразия архитектура ПТК не может быть построена как распределенная система, состоящая из множества повторяющихся малых или

средних элементов (о малых и средних АСУ ТП однородных объектов читайте в «МА» № 1 на с. 6).

Разбиение сложного объекта на функциональные узлы основано на выделении отдельной технологической задачи либо нескольких тесно связанных задач в единый узел. Следствием этого является то, что каждый функциональный узел достаточно автономен. Интенсивность его информационного взаимодействия с остальной системой или другими узлами на порядки ниже, чем внутри него. Поэтому для создания полнофункциональных АСУ ТП крупных объектов целесообразно применение распределенных управляющих систем, не имеющих центральных обрабатывающих устройств. При этом система строится в виде сети автономных контроллеров, каждый из которых обслуживает свой функциональный узел.

Для крупных объектов автоматизации традиционные меры по повышению времени наработки на отказ до величин более 100 тыс. часов за счет

применения технических средств оказываются недостаточными. Это объясняется тем, что время наработки на отказ является статистической (вероятностной) величиной. Для выполнения предъявленного требования необходима разработка архитектурных решений, повышающих надежность как контроллеров, так и системы в целом, с учетом того, что единичный отказ в системе всегда возможен.

## Требуется устойчивость

При построении архитектуры системы следует исходить из следующего:

- ▶ никакой единичный отказ не должен приводить к потере функциональности системы;
- ▶ никакой единичный отказ не должен приводить к потере контроля над технологическими процессами, при остановке которых невозможно функционирование объекта;
- ▶ система должна состоять из минимального числа элементов;
- ▶ в системе необходимо обеспечение автономности иерархических уровней;

► нужно стремиться к минимальным размерам и простоте прикладных программ, так как увеличение их размеров приводит к экспоненциальному росту числа ошибок и сложности проверки правильности функционирования программ.

Особенно следует отметить требования к устойчивости функционирования системы. Эта характеристика очень часто оказывается вне поля зрения многих разработчиков, однако ее значение хорошо понятно тем, кто занимался наладкой и вводом объектов в эксплуатацию. Речь идет об отсутствии взаимного влияния между функциями при их реализации. Это означает, что любая модификация части программ не должна вносить возмущения в остальные действующие программы, которые не модифицировались.

Важным требованием является также обеспечение возможности быстрого восстановления функций. Для крупных объектов автоматизации вышедшая из строя функция должна быть восстановлена без влияния на остальную часть системы, т. е. восстановление должно осуществляться в режиме горячей замены за минимальное время без потери контроля над работой оборудования и ходом технологического процесса.

Структура АСУ ТП, адекватная функционально-технологической структуре объекта, может быть создана на контроллерах с архитектурой на базе параллельной шины с централизованной обработкой данных. Но при таком решении, допускающем возможность отказов, которые приводят к остановкам технологического оборудования на длительные периоды времени, предприятию грозят крупные убытки. Очевидно, что учет этих прогнозируемых потерь в смете расходов на систему существенно повышает ее первоначальную стоимость.

### Архитектура интеллекта

Кардинальным решением повышения отказоустойчивости системы является децентрализация обработки между небольшими автономными контроллерами, оптимальный размер которых соответствует объему функционального узла, что позволяет минимизировать обмен информацией между контроллерами.

Архитектура контроллера, состоящего из интеллектуальных модулей, в которых объем каналов ввода/вывода и производительность встроенного в модуль процессора достаточны для управления средним функциональным узлом, адекватна техно-

логической структуре объекта автоматизации. Проведенные оценки показывают, что в случае реализации операций ввода/вывода, обработки информации и управляющих программ внутри интеллектуального модуля интенсивность обмена информацией между модулями может снизиться в сотни раз. Межмодульное взаимодействие требуется только для получения информации о значениях параметров, необходимых для функционирования собственных алгоритмов управления и заданий/рапортов извне.

В таком случае для организации межмодульного взаимодействия внутри контроллера может использоваться одна из стандартных полевых сетей Fieldbus. Фактически контроллер с внутренней локальной сетью представляет собой кластер автономных интеллектуальных модулей.

На уровне цеха, где работает несколько контроллеров, ставится задача их объединения в единую систему. Это означает, что сеть интеллектуальных модулей должна быть, в общем случае, двухуровневой и включать сеть первого ранга, объединяющую контроллеры функционального узла, который состоит из интеллектуальных модулей, и сеть второго ранга, объединяющую контроллеры (кластеры интеллектуальных модулей) в единую систему.

### Что дает децентрализация?

**Во-первых**, обеспечивается надежность среды передачи данных. В современных локальных сетях досто-

верность передаваемых по сети данных защищается использованием метода циклических контрольных сумм. Отметим, что подобная защита данных от искажений отсутствует в большинстве параллельных шин (например, ISA, PCI, VME).

**Во-вторых**, некоторые сети (Profibus, CANbus, DeviceNET) обеспечивают возможность инициативно-го доступа к среде передачи со стороны любого сетевого абонента. Это позволяет реализовать разнообразные схемы обработки информации: по инициативе ведущего обработчика, управление по событиям и потоком данных.

**В-третьих**, появляется возможность реализовать разнообразные методы адресации. Некоторые сети не имеют физических адресов: все сообщения имеют свой идентификатор типа или класса сообщений. Это позволяет строить динамические схемы маршрутизации информационных потоков в системе. Кроме того, имеются специальные служебные и широкоэвangelические сообщения, без которых трудно реализовать ряд необходимых системных функций, например синхронизацию времени и другие функции, требующие синхронной обработки.

**В-четвертых**, отсутствие централизованного арбитра и широкие возможности автоконфигурирования сетевой топологии существенно повышают надежность и живучесть контроллера (в многопроцессорных параллельных архитектурах, напротив, используется централизованная схема арбитража).



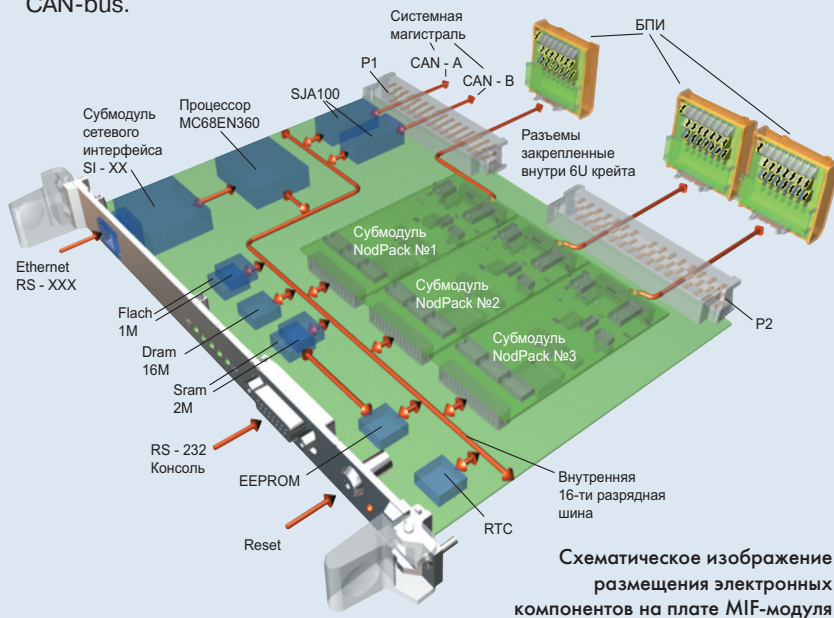
Крейт MIF-контроллера включает до 15 интеллектуальных модулей



## ▼ Интеллектуальные ячейки ПТК «Торнадо-М»

■ Базовым электронным узлом ПТК «Торнадо-М» является MIF-контроллер (MIF — Modules of Intellectual Function), состоящий из двух подсистем: кластера MIF-модулей и сетевых шлюзов. MIF-модули объединяются в кластер дублированной локальной сетью CAN-bus.

- ▶ основные разъемы — на задней панели крейта, что обеспечивает удобство замены MIF-модулей;
- ▶ горячая замена MIF-модулей без отключения питания контроллера;
- ▶ производительность контроллера пропорциональна числу модулей (мультипроцессорность);



Схематическое изображение размещения электронных компонентов на плате MIF-модуля

### Характеристики MIF-модулей:

- ▶ корпус 6U «Евромеханика»;
- ▶ коммуникационный процессор Motorola MC68EN360 (MIF-360) или XPC860TZP (MIF-PPC);
- ▶ память — 2/16 МБ DRAM; 1/2/4 МБ флэш; 1 МБ SRAM;
- ▶ 3 интерфейса для субмодулей ввода/вывода ModPack;
- ▶ интерфейсы — Ethernet/RS485/RS422/RS232;
- ▶ возможна горячая замена без выключения питания контроллера;
- ▶ технология plug-and-play;
- ▶ энергопотребление 5 Вт;
- ▶ диапазон температур 0—+85 °С.

### Характеристики MIF-контроллера:

- ▶ кластер MIF-модулей, 19-дюймовый крейт 6U «Евромеханика»;
- ▶ до 15 MIF-модулей в одном крейте (до 45 субмодулей ввода/вывода — от 360 до 900 каналов);
- ▶ возможность объединения двух крейтов в один контроллер;

- ▶ автоматическая загрузка и запуск программ при замене модуля;
- ▶ «географический адрес» в системе;
- ▶ обработка алгоритмов управления объектом в MIF-модуле;
- ▶ дублирование, высокая надежность и устойчивость к любым единичным отказам;
- ▶ отсутствие принудительной вентиляции, температурный диапазон от 0 до +85 °С;

### Базовое ПО:

- ▶ OCPB — OS-9;
- ▶ поддержка сетевых протоколов TCP/IP, NFS, OS-9, Net;
- ▶ сетевые интерфейсы — CAN-bus, Ethernet.

### Средства программирования:

- ▶ ISaGRAF — система программирования PLC-контроллеров в соответствии со стандартом IEC1131 (о языках этого стандарта читайте на с. 6);
- ▶ средства разработки для OS-9.

шины, как горячая замена модулей в контроллере.

**В-шестых**, повышается скорость передачи данных. Сегодня появилось несколько технологий последовательной передачи данных (USB, PCI-Express, SATA), которые превосходят по быстродействию любые существующие параллельные шины.

К перечисленным достоинствам предлагаемого решения можно добавить и ряд других, но уже этого списка достаточно для того, чтобы прийти к выводу, что контроллер с внутренней локальной сетью имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с традиционными контроллерами на основе параллельной шины.

### Дружелюбный торнадо

Примером реализации описанного подхода является программно-технический комплекс «Торнадо-М», разработанный компанией «Модульные системы Торнадо» (Новосибирск, [www.tornado.nsk.ru](http://www.tornado.nsk.ru)) специально для решения задач контроля и управления на крупномасштабных объектах теплоэнергетической промышленности и обеспечивающий высокую надежность и готовность всей системы управления объекта.

Основным компонентом этого комплекса является MIF-контроллер, построенный на интеллектуальных модулях MIF, при разработке которых использовался метод системной интеграции хорошо отлаженных, широко распространенных стандартных технологий и готовых технических средств.

Следование открытым международным стандартам позволило компании начать с программно-технического комплекса (ПТК), содержащего всего один MIF-модуль собственной разработки. Все остальные компоненты приобретались у различных поставщиков. По мере накопления опыта, в течение нескольких лет было обеспечено постепенное вытеснение «чужих» компонентов продуктами собственного производства. Такой последовательный переход обеспечил снижение цены для типовых конфигураций и защиту от диктата поставщиков комплектующих плат при полном сохранении программного обеспечения.

Программно-технический комплекс «Торнадо-М» совместим с оборудованием многих поставщиков технических средств автоматизации, может быть легко использован и развит другими системными интеграторами, имеющими опыт работы с рядом платформ как стандартных, так и собственных разработок. **МА**

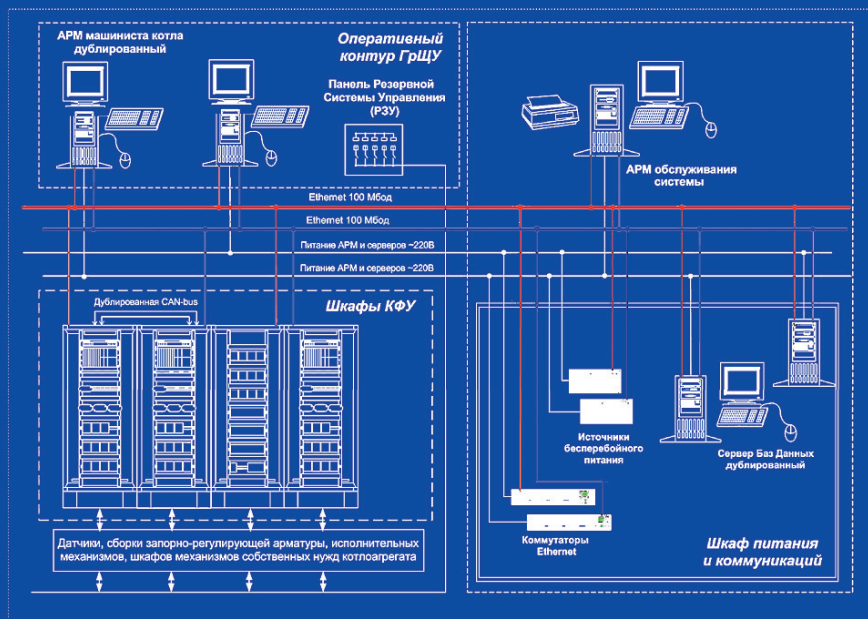
**В-пятых**, обеспечивается более высокоуровневый обмен информацией. Общение между интеллектуальными модулями происходит не на уровне элементарных регистровых обращений (циклов чтения/записи), а на

уровне смысловых сообщений. Использование локальных сетей для обмена информацией внутри контроллера изящно и совершенно естественно решает такую глобальную проблему для архитектур с параллельной

# ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНІ КОМПЛЕКСИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ

Висока надійність,  
підтверджена практикою

- ◆ Сучасні архітектурні рішення та елементна база
- ◆ Низьке енергоспоживання
- ◆ Пасивне охолодження
- ◆ Можливість дублювання на всіх рівнях
- ◆ Гаряча заміна
- ◆ Програмування IEC61131-3



Не має  
аналогів  
на Українському  
ринку



ІВЛ Обладнання та інжиніринг  
03142, Київ, Україна  
вул. Василя Стуса, 35-37, офіс 911

Тел./Факс: (044) 452-10-57  
(044) 451-02-45  
E-mail: [ivl@ivl.kiev.ua](mailto:ivl@ivl.kiev.ua)  
<http://ivl.kiev.ua>