

КОМПЛЕКС ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ "ПАССАТ" – "КОНСТРУКТОР LEGO" ДЛЯ РАЗРАБОТЧИКОВ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Д.В. Мякишев, Ю.А. Тархов, К.А. Столяров
(ООО НПП "КОМПЛЕКСЫ и СИСТЕМЫ")

Рассматриваются назначение, особенности, архитектура, области применения комплекса программно-аппаратных средств автоматизации управления ТП "ПАССАТ", разработанного ООО НПП "КОМПЛЕКСЫ и СИСТЕМЫ" (г. Пенза).

Комплекс программно-аппаратных средств автоматизации управления ТП "ПАССАТ" разработан по техническому заданию, утвержденному заместителем технического директора концерна "РОСЭНЕРГОАТОМ" и одобренному начальником 8 управления Госатомнадзора России.

Комплекс предназначен для построения АСУТП на энергоблоках атомных станций и других промышленных объектах и представляет собой набор унифицированных программно-аппаратных средств, из которых могут компоноваться различные по архитектуре и уровню сложности заказные системы. Состав, функции и назначение заказной системы определяются ее проектом.

Проектно-компоновочными средствами комплекса "ПАССАТ" являются:

- компоновочные шкафы, в которые устанавливается переменное (зависящее от проекта) число контроллеров, средств электропитания и коммутации;
- контроллеры, в которые устанавливаются различные (в зависимости от проекта) по числу и номенклатуре модули функциональные (МФ) и проектно-ориентированные программные средства;
- МФ, каждый из которых состоит из базового модуля (МБ), определяемого проектом набора мезонинов ввода/вывода сигналов и данных конфигурирования программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС), определяющей взаимодействие мезонинов в составе МФ.

Последний уровень проектной ориентации – модульный – отличает комплекс "ПАССАТ" от анало-

гичных комплексов средств автоматизации. Примененные при создании комплекса современные технологии позволяют проектно-ориентированно компоновать функциональные модули с точностью до одного или двух информационных каналов (или каналов управления). Встроенные на каждый модуль ПЛИС поддерживают "зашивку" практически любых алгоритмов обработки сигналов и управления, адекватных задачам, которые возлагает проектант на данный модуль. Это предоставляет возможность практически безызыточного проектирования систем на базе средств комплекса. Вместе с тем, в состав комплекса входят необходимые средства управления избыточностью, которые позволяют создавать системы с двух-, трех- и четырехкратным резервированием и мажоритарным управлением.

Заказная система состоит из одного или более компоновочных шкафов, в каждом из которых установлено определяемое проектом число контроллеров, блоков питания, устройств коммутирующих и т.д. Скомпонованные шкафы в соответствии с проектом могут быть объединены с помощью сетевых средств комплекса (рис. 1).

ПО заказной системы (целевое ПО) создается на базе общесистемных программных средств (ОСПС) с помощью средств автоматизированного проектирования или иным способом.

В основу создания комплекса положена идея "конструктора" для построения АСУТП, в котором проектант (системный интегратор) может найти все необходимое для создания законченных систем различного назначения и сложности с высокими требованиями по надежности, быстродействию, живучести и точности.

Техническая политика разработчиков комплекса, ориентированная на открытые стандарты и спецификации (рис. 2), позволяет проектанту при создании заказной системы легко комбинировать средства комплекса



Рис. 1. Обобщенная структура АСУТП на базе средств комплекса "ПАССАТ"



Рис. 2. Фундамент комплекса "ПАССАТ"

"ПАССАТ" со средствами автоматизации других производителей, обеспечивает концептуальное единство проекта, позволяет создавать взаимодействующие системы автоматизации на общих базовых принципах и средствах.

Отличительные особенности комплекса:

- высокая степень адаптации к конкретному системному проекту за счет применения современных мезонинных и ПЛИС технологий;
- простота расширения состава и адаптации аппаратных и программных средств за счет использования открытых международных стандартов;
- производство всех аппаратных средств на российских предприятиях;
- лицензионная чистота программных и аппаратных средств;
- высокий уровень информационной безопасности за счет использования ПО с открытыми исходными кодами;
- возможность работы в жестких условиях эксплуатации;
- возможность построения систем с двух-, трех- и четырехкратным резервированием выполняемых функций.

Структура комплекса отражает его основную концепцию, в соответствии с которой в состав комплекса включены (рис. 3):

- аппаратные средства обработки сигналов и управления (контроллеры, модули функциональные);
- средства системной интеграции (шкафы, устройства коммутирующие, сетевые средства);
- средства электропитания (преобразователи сетевого напряжения, блоки подвода питания);
- средства системы верхнего блочного уровня (СВБУ) (станции рабочие, серверы, программные средства);
- общесистемные программные средства;
- средства автоматизированного проектирования.

Функции, выполняемые комплексом:

- сбор (измерение) аналоговых и дискретных сигналов от датчиков о состоянии технологического объекта управления (ТОУ);
- индикация параметров, показателей и представление информации оператору;
- выявление и индикация отклонений аналоговых параметров от установленных значений;
- технологическая сигнализация;
- вычисление комплексных параметров и показателей;
- управление системами безопасности (защитной, локализирующей, обеспечивающей);
- автоматическое управление (блокировки, ФГУ);
- дистанционное управление и автоматическое регулирование;



Рис. 3 Структура комплекса "ПАССАТ"

- самодиагностика и взаимодиагностика средств комплекса в процессе функционирования;
- локализация обнаруженной неисправности до сменного модуля.

При применении для атомных станций обеспечивается построение управляющих систем нормальной эксплуатации (УСНЭ) и управляющих систем безопасности (УСБ), относящихся к третьему классу безопасности в соответствии с ПНАЭ Г-01-011-97 (ОПБ-88/97).

При построении заказных систем на базе средств комплекса обеспечивается соответствие:

- по виду климатического исполнения — группе УХЛ 4 по ГОСТ 15150-69;
- по электромагнитной совместимости — группе исполнения III, критерию А по ГОСТ Р 50746-2000;
- по устойчивости к сейсмическим воздействиям — категории I (НП-031-01);
- по степени защиты от воздействия окружающей среды — группе IP30 по ГОСТ 14254-96.

Обеспечивается устойчивость к воздействию землетрясений интенсивностью 8 баллов на отметке 20 м по шкале MSK-64.

Электропитание осуществляется по двум независимым фидерам от сетей следующего типа:

- а) напряжением переменного тока 187...242 В и частотой (50 ± 1) Гц;
- б) напряжением постоянного тока 187...242 В;
- в) постоянного тока (24 ± 2) В.

Мощность потребляемая, каждым компоновочным шкафом, Вт, не более:

- а) при установке в шкаф двух контроллеров — 300;
- б) при установке в шкаф одного контроллера — 150.

Средняя наработка на отказ при работе в режиме дублирования контроллеров ≥ 100000 ч. Среднее время восстановления работоспособности ≤ 1 ч. Средний срок службы при условии восстановления отказавших средств ≥ 30 лет. Средний срок сохраняемости без переконсервации ≥ 5 лет.

Системообразующим компонентом комплекса является контроллер (рис. 4), который представляет собой крейт стандарта "Евромеханика" (19", 6U), оснащенный объединительной магистралью VMEbus. В контроллер устанавливаются: модуль центрального процессора

(МЦП); определенное проектом число МФ; модуль последовательного интерфейса (МПИ); блок питания.

Применяемый конструктив открытого стандарта "Евромеханика" (IEC 207) обеспечивает высокую степень механической прочности и делает возможной эксплуатацию VME-устройств в жестких условиях (вибрация, удары и т.п.). Конструкция крейта обеспечивает хорошую вентиляцию, надежную работу в широком температурном диапазоне. Высоконадежный и эффективный асинхронный протокол обмена данными VME (IEC 821) обеспечивает работу в "жестком" РВ.

Контроллер обеспечивает подключение до 544 дискретных сигналов, до 272 аналоговых сигналов или произвольного сочетания дискретных и аналоговых сигналов. В последнем случае при расчете общего числа сигналов необходимо учитывать следующее:

- все контроллеры позволяет размещать до 17 МФ;
- каждый МФ позволяет размещать до 16 мезонинов;
- каждый мезонин обеспечивает прием (выдачу) одного аналогового сигнала или двух дискретных сигналов одного типа.

Например, возможна реализация контроллера, обеспечивающего работу с 400 сигналами, 144 из которых — аналоговые, 256 — дискретные.

Подключение сигнальных кабелей осуществляется с задней стороны контроллера через соединители двух типов, которые установлены на переходных модулях (МП). Возможно подключение сигналов через коммутирующее устройство (УК), которое при необходимости может размещаться в кросс-шкафу.

Модуль центрального процессора (рис. 5) построен на базе одноплатного компьютера стандарта PC/104, установленного на модуле-носителе, обеспечивающем преобразование сигналов интерфейса PC/104 в сигналы шины VME. Такое техническое решение позволяет изготавливать масштабируемые по вычислительной мощности и температурному диапазону процессорные модули.

Модуль имеет два порта RS-232/485, один или два (в зависимости от типа одноплатного компьютера) контроллера ЛВС Ethernet IEEE 802.3u. Предусмотрена возможность подклю-



Рис. 4. Контроллер

чения видеомонитора, клавиатуры и "мыши".

Программное обеспечение МЦП хранится в энергонезависимой памяти (на flash-диске), куда помещается с помощью технологического оборудования. Объем памяти также масштабируется.

Как было отмечено ранее, каждый МФ является проектно-компонентным и состоит из МБ (носителя мезонинов) и определяемого проектом набора мезонинов (рис. 6). МФ обеспечивают обработку сигналов от датчиков и формирование сигналов управления исполнительными механизмами (ИМ) технологического объекта. Возможны варианты проектной компоновки МФ предусматривающие: однотипные и разнотипные каналы ввода/вывода.

Благодаря применяемой ПЛИС-технологии в МФ обеспечивается в соответствии с проектом:

- "зашивка" алгоритмов обработки сигналов и управления;
- настройка на конкретные значения уставок и граничных параметров;
- мониторинг функционирования дистанционного управления;
- приоритетное выполнение команд управления.

Питание датчиков типа "сухой контакт" осуществляется как от внешнего, так и от внутреннего источника питания на МФ.

Номенклатура метрологических характеристик МФ определяется его составом.

Информация об исправности/неисправности того или иного МФ индицируется

при помощи светодиодных индикаторов на передней панели МФ и может передаваться на верхний уровень и другим контроллерам через ЛВС.

МФ устанавливаются в контроллер по направляющим и крепятся невыпадающими винтами, имеют средства, обеспечивающие "горячую" замену модулей (без выключения питания).

Каждый мезонин (рис. 7) является функционально законченным устройством, которое обрабатывает или формирует определенный тип сигнала. В зависимости от типа сигнала мезонины подразделяются на аналоговые (одноканальные) и цифровые (двухканальные).

Мезонины выполняют предварительную обработку сигнала

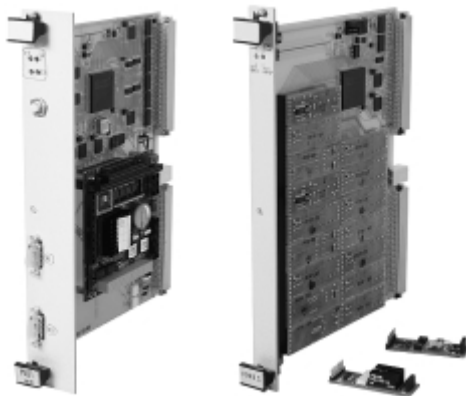


Рис. 5. Модуль центрального процессора

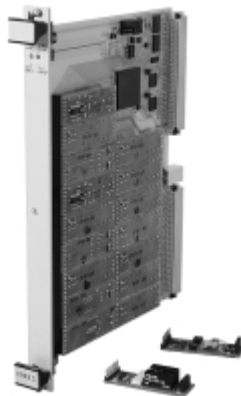


Рис. 6. Модуль функциональный

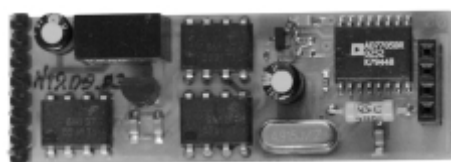


Рис. 7. Мезонин

лов и преобразование их в цифровую форму. Преобразованный сигнал через соединитель мезонина передается на логическую схему МБ соответствующего МФ, реализованную на ПЛИС.

Мезонинами ввода обеспечивается прием следующих унифицированных сигналов от датчиков физических величин: дискретных; аналоговых; преобразователей термоэлектрических типов ТХК, ТХА и ТПП; преобразователей термосопротивлений ТСП и ТСМ стандартных градуировок.

Мезонинами вывода обеспечивается формирование дискретных и аналоговых сигналов управления.

Предусмотрена запитка датчиков типа "сухой контакт", "Сапфир", термосопротивлений.

Гальваническое разделение каналов ввода/вывода между собой и между каналами и цифровой частью обеспечивает высокую помехозащищенность и нераспространение отказов.

На момент написания статьи комплекс "ПАССАТ" включает мезонины 30 вариантов исполнения. Состав мезонинов и соответственно номенклатура принимаемых и выдаваемых сигналов расширяются от проекта к проекту.

Сетевые средства обеспечивают взаимодействие контроллеров комплекса между собой и с внешними средствами и системами по следующим интерфейсам: LBC Ethernet 10/100 Мбит (IEEE 802.3u); MIL-STD-1553B ("Манчестер").

Программно-аппаратные средства контроллеров обеспечивают обмен информацией с СВБУ и другими контроллерами по сети Ethernet с пропускной способностью до 100 Мбит/с, используя специально разработанный протокол передачи на базе расширенного стека протоколов TCP/IP (RFC 791, 793, 1180, 768 и т.д.). Это позволяет достичь гарантированной доставки управляющих сообщений и обеспечить обмен большим объемом технологических параметров, необходимых для функционирования изделия в масштабе РВ.

МПИ обеспечивает взаимодействие между контроллерами (обмен информацией) в системах с многократным резервированием по четырем независимым каналам в сочетании: один контроллер и три оконечных устройства согласно ГОСТ 26765.52-87 (MIL-STD-1553B).

Используемая физическая среда передачи — "витая пара" (с возможностью перехода на оптоволокно).

Программные средства комплекса созданы на основе свободно распространяемых программных средств с открытыми исходными кодами (FOSS), с использованием технологии объектно-ориентированного программирования (ООП) и принципа повторного использования программных средств (software reuse) с учетом требований международных стандартов.

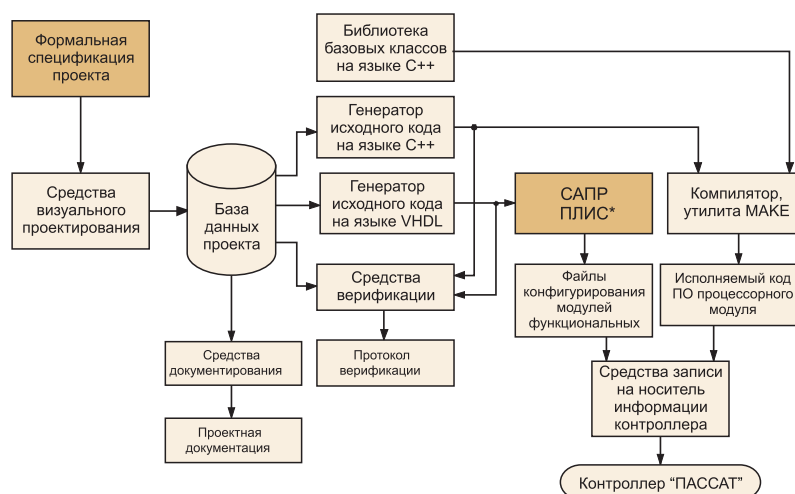


Рис. 8. Схема автоматизированного проектирования

ОСПС обеспечивают программный доступ к интерфейсам RS-232/485; LBC Ethernet; стекам сетевых протоколов TCP/IP и UDP/IP. Предусмотрены программные средства доступа к контроллеру шины VME.

Программные средства СВБУ построены на основе системы управления и оперативного платформы СУОК (системы управления и оперативного контроля), разработанной ВНИИАЭС и позволяющей реализовать стандартные функции СВБУ.

Средства автоматизированного проектирования комплекса осуществляют компьютерную поддержку работы проектанта (рис. 8). Широкая номенклатура типов принимаемых от датчиков и выдаваемых на ИМ сигналов покрывает потребности большинства АСУТП.

Обширная библиотека классов на языке C++ (рис. 9) содержит "заготовки" программно-реализованных алгоритмов обработки сигналов (линеаризация, сглаживание, фильтрация и т.п.), управления (авторегулирование, блокировки и защиты, дистанционное управление и т.п.), контроля и диагностики, системной интеграции. Состав библиотеки расширяется и дополняется от проекта к проекту.

Комплекс "ПАССАТ" предоставляет проектанту возможность использования трех типов архитектур контроллера, различающихся степенью "интеллекта", которым наделяются функциональные модули, и ролью, которую играет ПО заказной системы (целевое ПО).

При использовании контроллера архитектуры централизованного управления, данные от МФ передаются по шине VME на МЦП, где обрабатываются целевым ПО с использованием ОСПС. В зависимости от алгоритма функционирования системы возможны следующие действия:



Рис. 9. Состав библиотеки классов

- передача измеренного значения технологического параметра для отображения на рабочую станцию СВБУ по ЛВС типа Ethernet;

- формирование управляющего воздействия (команды) для ИМ в соответствии с логикой управления и заданными уставками;

- передача управляющего воздействия на соответствующий МФ, связанный с нужным ИМ, по шине VME.

Получив управляющее воздействие, МФ через логическую схему МБ направляет данные на мезонин, связанный через МП (УК) с нужным ИМ. Мезонин выполняет преобразование цифрового кода команды в сигнал, воспринимаемый ИМ. Сформированный сигнал через МП, УК и кабель передается на ИМ. Расчет неизмеряемых технологических параметров, их хранение и передача в СВБУ также выполняется МЦП под управлением целевого ПО.

При использовании контроллера архитектуры локального управления функции обработки сигналов и управления осуществляются "жесткой логикой", реализованной ПЛИС, размещаемой на МФ. При этом возможны следующие варианты: мезонин, принявший сигнал от датчика, и мезонин, формирующий управляющий сигнал, размещаются в одном МФ; мезонин, принявший сигнал от датчика, и мезонин, формирующий управляющий сигнал, размещаются в разных МФ.

В первом случае обработка принятого значения технологического параметра и принятие решения о выдаче соответствующей команды на ИМ принимается логической схемой ("жесткой логикой"), реализованной ПЛИС данного МФ. Передачи сигналов между МФ не происходит. При необходимости (если это предусмотрено алгоритмом функционирования системы) значение измеренного технологического параметра и/или информация о выданном управляющем воздействии передается от МФ по шине VME на МЦП, где воспринимается целевым ПО.

Во втором случае, вне зависимости от того, какой МФ принимает решение о выдаче команды — тот, в котором входной сигнал принят, или тот, в котором выходной сигнал выдается, — необходимо взаимодействие между МФ. При использовании архитектуры локального управления взаимодействие реализуется путем соединения сигнальных входов/выходов МФ через модуль переходной (МП) и УК, либо минуя УК, через МП.

В первом и во втором случаях МЦП под управлением целевого ПО выполняет начальное конфигурирование МФ, обмен информацией с СВБУ, контроль и диагностику программных и аппаратных средств.

При использовании контроллера архитектуры распределенного управления как и в случае локального

управления функции обработки сигналов и управления осуществляются "жесткой логикой", реализованной ПЛИС, размещаемой на МФ. Отличие состоит в том, что при необходимости взаимодействия МФ оно реализуется путем обмена данными по шине VME при участии МЦП и соответствующего ПО.

При необходимости возможно использование в одном изделии контроллеров с различной архитектурой.

Заключение

Подводя итоги, кратко сформулируем основные преимущества комплекса "ПАССАТ".

- Унифицированная программно-аппаратная платформа обеспечивает концептуальное единство проекта, позволяет создавать взаимодействующие системы автоматизации технологического объекта на общих базовых принципах и средствах, что позволяет повысить их надежность и удобство эксплуатации.

- Проектно-компонентный состав функциональных модулей (с точностью до одного-двух каналов ввода/вывода) обеспечивает гибкое оптимальное проектирование систем на основе средств комплекса. При этом каждый канал обладает индивидуальной гальванической развязкой, что снижает вероятность отказов по общей причине.

- Применяемые интерфейсы, протоколы и конструктивы соответствуют открытым международным стандартам, что позволяет, во-первых, избежать зависимости от конкретного производителя, во-вторых, использовать отработанные на мировом уровне технические и программные решения.

- Программные средства с открытыми исходными кодами позволяют провести всесторонний анализ их корректности (верификацию) и тем самым повысить безопасность их использования в составе систем.

- Применяемая современная элементная база обеспечивает эффективные технические решения и облегчает проблему ремонтопригодности.

- Применяемые в электронных модулях двусторонние печатные платы, по сравнению с многослойными более надежны, просты и дешевы в изготовлении, ремонтопригодны.

В настоящее время комплекс "ПАССАТ" прошел приемочные испытания, которые подтвердили заявленные характеристики. Технические условия согласованы и утверждены в установленном порядке, конструкторской документации присвоена литера О₁.

Основные технические и программные решения защищены патентами РФ.

Таким образом, комплекс "ПАССАТ" является разумной альтернативой существующим комплексам средств автоматизации и готов для промышленного применения.

Мякишев Дмитрий Владимирович — канд. техн. наук, доцент, ген. директор,

Тархов Юрий Андреевич — технический директор,

Столяров Константин Алексеевич — директор по проектам ООО НПП "Комплексы и системы".

Контактный телефон в г. Пензе (8412) 44-76-37. E-mail: comp_sys@tl.ru