

Современная архитектура построения интегрированных статодинамических модульных информационно-измерительных систем комплексных испытаний авиационной и ракетно-космической техники



В статье рассматривается современная архитектура построения интегрированных статодинамических модульных информационно-измерительных систем комплексных испытаний авиационной и ракетно-космической техники. Определены общие архитектурные решения и методологии построения таких систем с учетом возможностей новейших информационных технологий.

Холдинг «Информтест», г. Москва

ООО «Лаборатория автоматизированных систем (АС)» г. Москва

При создании нового поколения ракетно-космической техники (РКТ) с особой остротой встает вопрос о полном техническом перевооружении имеющейся наземной испытательной базы и измерительных систем для стендовых испытаний.

Новое поколение РКТ требует принципиально новых методов испытаний, выдвигающие, в свою очередь, принципиально более высокие требования к испытательной аппаратуре. Кроме того, ввиду усложнения проверок бортовой аппаратуры и скачкообразного роста их количества единственным способом ускорения и удешевления испытаний является автоматизация процесса испытаний. Соответственно имеющаяся сильно устаревшая испытательная база стала одним из тормозов на пути строительства нового поколения РКТ. Более того, простое увеличение количества традиционных систем или расширение количества каналов в них приводит к экспоненциальному росту затрат на наземное оборудование и не обеспечивает качество испытаний. В США и Европе с этой проблемой столкнулись в 1993–1995 годах и

пришли к выводу, что только кардинальное изменение подхода к созданию наземной контрольно-измерительной аппаратуры может решить эту проблему.

В России, практически все крупные предприятия, в том числе авиационной и ракетно-космической отраслей, имеют собственные программы технического перевооружения испытательной базы, призванные обеспечить производство и испытания новых видов техники на современном уровне. О какой-либо координации при проведении этих работ нам неизвестно, и наверняка предприятия дублируют решение одних и тех же проблем. Поэтому особенно актуальным в настоящее время является определение общих принципов построения систем автоматизации испытательных стендов на основе открытых стандартов, унификация компонентов и готовых средств автоматизации для разных предприятий и координация процесса технического перевооружения.

В [1] изложена общая стратегия развития экспериментально-испытательной базы, комплекс-

ной автоматизации и организации сквозной отчетности и обмена данными в рамках информационно-управляющей сети испытательной базы предприятия. Рассмотрены восемь основных принципов стратегии модернизации экспериментально-испытательной базы. Предложен подход к созданию единого информационного пространства экспериментально-испытательной базы. В предлагаемой статье, в развитии этих принципов, рассматривается современная архитектура построения интегрированных статодинамических модульных информационно-измерительных систем комплексных испытаний РКТ.

Особенности архитектуры современных информационно-измерительных систем

При стендовых испытаниях сложных объектов контроля, таких, как самолеты, их двигатели и другие составные части, спутники, ракеты и т.д., необходимы информационно-измерительные системы (ИИС) и телеметрические системы, обеспечивающие эффективный сбор

и регистрацию информации с различных датчиков. На существующих стендах таких систем множество. Они были спроектированы и построены в разные годы разными производителями. Собственно, они и есть глаза и уши испытательных стендов, при помощи которых испытатели получают информацию об объекте испытаний. В течение последних 15–20 лет сложились определенная архитектура и принципы построения ИИС. Определим общие сложившиеся принципы построения ИИС [2].

1_ИИС, как правило, делятся на системы сбора и регистрации статических (медленных) параметров (ИИС ММП скорость опроса каналов от 1 Гц до 1–2 кГц на канал), системы регистрации статодинамических параметров (скорость опроса каналов от 2 до 10 кГц на канал) и системы регистрации быстрых динамических (быстрых) параметров (ИИС БМП от 10 кГц до 2,5 МГц на канал).

2_В цепи между датчиком и измерителем, как правило, находится модуль-нормализатор, обеспечивающий усиление и фильтрацию помех и превращающий полезный сигнал в вид удобный для оцифровки измерителем. Мы оставляем в стороне и не рассматриваем совсем старые системы с аналоговыми измерителями. Нормализаторы сигналов имеют огромную номенклатуру, самое различное управление и весьма часто уникальное исполнение. Никаких стандартов на их создание не существует, поэтому они разнообразны и весьма дороги. Однако новые модели измерителей, как правило, являются многодиапазонными, имеют широкий динамический диапазон, используют высокоточные АЦП и ЦАП нового поколения со встроенными системами калибровки, и поэтому могут обходиться без нормализаторов в измерительном тракте. Другой важнейшей составляющей ИИС без нормализаторов является возможность приближения измерителей к объекту контроля для минимизации кабельных сетей и повышения качества измерений. Для этих целей идеально подходят новые LXI-крейты со специальным питанием (12–36 В постоянного тока), приспособленные для

работы во взрывоопасных зонах и имеющие удаленное управление и передачу данных по сети Ethernet. Поэтому тенденция на уменьшение количества нормализаторов сигналов наблюдается во всех новых системах, что существенно облегчает жизнь испытателей и увеличивает точность измерений. Данная тенденция приводит к тому, что при оценке стоимости создания ИИС и сравнении разных измерителей необходимо учитывать стоимость нормализаторов и стоимость их эксплуатации. Кроме того, совмещение нормализатора и измерителя в рамках одного модуля и широкое введение Ethernet позволяет существенно снизить помехи и повысить точность измерений, выводя ее на недостижимый для предыдущего поколения ИИС уровень.

3_Аппаратура ИИС обычно располагается в отдельных помещениях, в которые приходит кабельная сеть от датчиков, расположенных непосредственно на объекте контроля. Нормализаторы и измерители часто устанавливаются в одной и той же стойке и выполнены в различных крейтовых системах, как стандартных (VXI, PXI от VXI Technology, Kinetic, Bustec, National Instruments, Информтест), так и нестандартных (решения фирм: LMS, Bruel & Kjaer, Lcard, НПП Мера и др.).

4_Программное обеспечение существующих ИИС также делится на закрытое, жестко привязанное к конкретной аппаратуре (решения от LMS, Bruel & Kjaer, НПП Мера) и открытое программное обеспечение, работающее с аппаратурой различных производителей (решения MTS, MDSAero – Prodas, M+P International – Coda, Информтест – Регистратор, «Лаборатория автоматизированных систем (АС)» – АСТест [3] и др.).

Ввиду того что динамические системы всегда были очень дорогими и сложными, именно на них технический прогресс и новые возможности аппаратуры оказали наибольшее влияние. Более того, сетевые технологии реально позволили строить смешанные системы, состоящие из динамических и статических частей, обеспечивая синхронизацию и функционирование в рамках единого комплекса.

Для того чтобы классифицировать разные ИИС, определим основные отличительные черты динамической системы:

- каждый канал имеет свой АЦП (аналого-цифровой преобразователь). Опрос каналов ведется параллельно. Лучшие измерители имеют индивидуальную гальваническую развязку каналов и минимальное взаимовлияние каналов;

- скорость семплирования (количество измерений в секунду) по каждому каналу, как правило, составляет от 10 кГц до 5 МГц;

- динамические системы нового поколения используют широкий набор измерителей, объединенных в рамках одной системы: измерители напряжения, тахометры, тензоизмерители;

- количество каналов от 2 до 256. Для большего количества каналов, как правило, устанавливают несколько динамических систем, синхронизированных по технологии master-slave.

Для статических систем характерна другая архитектура:

- каналы, как правило, имеют коммутатор и один АЦП на группу. Опрос каналов ведется последовательно;

- скорость семплирования большинства медленных ИИС находится в диапазоне от 1 Гц до 2 кГц;

- количество каналов от 16 до 15 000;

- медленные системы часто имеют десятки типов измерителей.

Для статических систем, так же как и для динамических, принципиально важна качественная синхронизация и наличие специальных управляющих модулей, формирующих команды. Программное обеспечение как для статических, так и для динамических систем должно осуществлять привязку каждого информационного кадра к абсолютному времени системы. Это требование является важнейшим для последующей достоверной обработки результатов эксперимента.

Под смешанной ИИС подразумевается система, в которой присутствуют и одновременно синхронно регистрируются статические, статодинамические и динамические процессы. Если рассмотреть процесс испытаний в целом, то разделение

процесса регистрации информации на медленные и быстрые каналы часто является искусственным и вызвано аппаратными сложностями организации сбора информации. Ведь все равно на этапе постобработки необходимо совмещение результатов. Существующие крейтовые системы на основе магистрально-модульного принципа всегда имеют физический предел по пропускной способности, который определяется возможностями магистралей и скоростью объединенного потока информации. Контроллер магистралей всегда будет тем узким местом, которое и определяет пропускную способность системы независимо от стандарта. Повышение пропускной способности контроллеров значительно повышает скорость пропускаемого потока информации, но радикально подход не меняет. Именно этот принцип существенно ограничивал количество динамических каналов в рамках одного крейта в любом стандарте, построенном на использовании одной магистралей. Если требовалось много динамических каналов, то увеличивалось количество крейтов и соответственно встроенных компьютеров управляющих крейтами. Большое количество компьютеров в геометрической прогрессии увеличивало сложность программного обеспечения систем. Получался заколдованный круг. Потребители старались для минимизации затрат увеличить количество каналов в одном крейте, но для динамических систем быстро наступал предел пропускной способности по информационному потоку и приходилось дробить систему на много крейтов, увеличивая затраты, сложность регистрации и обработки информации. С ростом скорости семплирования по каналу и увеличением разрядности измерителя скорость потока соответственно росла, что, в свою очередь, опять приводило к пределу пропускной способности и уменьшению количества каналов динамической системы. Эти проблемы и определяли медленный рост количества каналов в динамических системах при росте разрядности измерителей и экспоненциальный рост цены канала высокоточных динамических систем.

Новое поколение информационно – измерительных систем автономных и комплексных испытаний

При построении систем автоматизации испытательных стендов необходимо выполнить ответственный выбор открытого стандарта, в наибольшей степени удовлетворяющего требованиям применения поставленной задачи.

В настоящее время основными стандартами для создания открытых систем являются VXI, PXI, LXI [4]. Стандарт VXI [5] создавался как модификация магистралей VME. Через 5 лет, после начала работ над созданием стандарта VXI, появилась версия VXI 1.4, которая и воплотилась в международный стандарт IEEE 1155-92. С самого появления VXI обязательным стало требование совместимости версий стандарта, в основе которых лежат широко используемые для управления производственными процессами параллельные магистралей VME, VME64, 2eVME. Долговременная стабильность (отсутствие изменений базовой структуры и протокола обмена) магистралей и совместимость с новыми версиями обеспечивают поддержку у потребителей систем VXI до 25 лет для военных приложений с возможностью многократной их модернизации.

В основе стандарта PXI лежит магистраль PCI, которая в настоящее время завершает свой жизненный цикл и уходит из современных компьютеров. Так сложилось, что PC-технологии живут в среднем 5–8 лет и затем заменяются новыми магистральями, часто не совместимыми со старыми. Сравним отжившие магистралей ISA, EISA, PCI с используемой сейчас магистралью PCExpress. Именно PC-технологии и ориентация на магистраль CompactPCI и, как следствие, отсутствие требований по экранированию и помехозащищенности, что диктовалось необходимостью обеспечения совместимости с CompactPCI, привело к более низкому качеству измерений у PXI в целом. Частая смена магистралей, их несовместимость между собой и невысокое качество измерений не устраивают военных, которым надо обеспечивать эксплуатацию военной техники в течение всего срока

службы. Поэтому в военной сфере США объем систем PXI в десятки раз меньше, чем систем VXI.

Магистраль PCI обеспечила основной успех стандарта PXI и в то же время стала его главной проблемой, когда производители компьютеров заменили ее на PXIexpress. Специалистам очевидно то, что PXI и PXIexpress не связывает ничего, кроме названия.

Магистралей являются абсолютно разными и абсолютно несовместимыми. Основной производитель PXI – фирма National Instruments (85–90% всего объема производства систем PXI) практически прекратила разработки новых модулей в стандарте PXI и перешла в стандарт PXIexpress. Поэтому все те, кто строил свои системы на основе стандарта PXI, остались у «разбитого корыта», и теперь им всем предлагают перейти на PXIexpress и, как следствие, поменять всю аппаратуру, хотя номенклатура аппаратуры в стандарте PXIexpress пока многократно уступает номенклатуре в стандарте PXI. Безусловно, PXIexpress очень скоростная последовательная магистраль, но уже и у нее появились мощные конкуренты (например, USB3.0), которые будут дешевле и быстрее. Эта гонка PC-технологий будет продолжаться вечно. Поэтому при построении долгоживущих измерительных систем на основе PC-технологий надо быть готовым к тому, что интересы построения измерительных систем для разработчиков новых PC всегда будут второстепенными, потому что объем продаж измерительных PC-систем составляет не более 1% от продаж PC-компьютеров. В постоянной зависимости от PC-технологий и кроется основной недостаток стандарта PXI и его коренное отличие от стандарта VXI.

Стандарт LXI [6] появился в 2005 году, и ему предрекают неплохие перспективы в будущем в сфере обороны и безопасности. Эти перспективы основаны на том, что стандарт LXI базируется на сетевых Ethernet-технологиях, которые сохранили совместимость за все время своего развития, а также на том, что основная цель внедрения стандарта LXI – замена устаревших магистралей

лей GPIB и КОП. Стандарт LXI в настоящее время бурно развивается в гражданском секторе измерительных систем и очень скоро появится в военных приложениях.

Особенно следует отметить тот факт, что после появления в номенклатуре модулей VXI-контроллеров слота ноль с интерфейсом LXI любая VXI-система может стать системой LXI или ее составной частью. Фактически стандарты VXI и LXI дополняют друг друга, так как основной сферой применения стандарта VXI является создание многоканальных и многофункциональных систем, а для стандарта LXI основной становится сфера применения стандартных приборов и малоканальных распределенных измерительных систем.

Стандарт LXI пока не имеет российских ГОСТ – аналогов зарубежным описаниям стандарта. В России на сегодня имеется только один производитель приборов LXI – это холдинг «Информтест». Однако мы верим, что стандарт LXI в РФ будет развиваться вслед за его развитием в мире и обязательно будет использоваться в сфере обороны и безопасности и в космических приложениях.

На рис.1 показана диаграмма наиболее эффективного применения различных стандартов для различных систем. Анализируя ее, можно отметить, что в области малоканальных систем стандарт LXI имеет наилучшие перспективы и скорее всего заменит целую группу широко используемых стандартов, таких, как RS485, CAN, PXI и др.

Поэтому в качестве основных стандартов, наилучшим об-

разом отвечающим требованиям применения в сфере космических приложений и в сфере обороны и безопасности, по нашему мнению, являются стандарты VXI и LXI: лучшее качество измерений, стабильность магистралей и совместимость с ранними версиями, наилучшее соответствие технологии «синтетических инструментов», освоенность в РФ, широкое применение в военной сфере на Западе.

При выборе открытого стандарта создания измерительных систем для применения в авиации, ракетно-космической отрасли и в сфере обороны и безопасности ключевым вопросом является освоенность стандарта в РФ, наличие российских производителей и их возможности. Весь критический ряд составных частей измерительных систем в стандарте VXI в РФ освоен, стандарт официально признан в РФ, имеется его изложение в виде ГОСТ и ГОСТ РВ, имеется несколько производителей, номенклатура приборов достаточно велика (более 300 типов модулей, все типы крейтов, общесистемных интерфейсов и несколько типов модульных компьютеров).

Еще одной важнейшей особенностью стандарта VXI является то, что благодаря большим размерам платы и наличию обязательного экранирования он наилучшим образом подходит для создания мезонинных носителей нового поколения измерителей из класса «синтетических инструментов».

Принципиально новые возможности для магистрально-модульных систем предлагает совсем недавно заявленная новая версия магистра-

ли VXI: VXI4.0, которая имеет в своей основе две магистрали и два контроллера: одна стандартная параллельная магистраль для управления и передачи данных и вторая последовательная магистраль, идущая по схеме «звезда» от каждого модуля к сетевому контроллеру. Такая конфигурация позволяет разделить магистрали управления и передачи данных и добиться скорости сбора информации с каждого слота до 80 Мб/с по 1Гб LAN или PCIexpress. Однако VXI4.0 только появляется, и пока в мире еще нет ни одной реализации подобной системы, хотя некоторые фирмы упорно над ней работают и обещают к концу 2009 года показать первые результаты.

Принципы построения информационно-измерительных систем в стандартах VXI и LXI

Рассмотрим принцип построения VXI4.0 более детально. VXI4.0 обеспечивает обмен по протоколу 2eSST со скоростью 320 Мб/сек. На кросс-панели VXI4.0 вводится дополнительная последовательная магистраль для потокового обмена с каждым модулем по протоколам LAN 1Gb, VXS, PCIexpress. Любой из интерфейсов может быть задействован потребителем в зависимости от типа слота Switch, который реализует этот обмен. По мнению создателей VXI4.0, наиболее распространенным последовательным интерфейсом станет 1 Гб LAN, который впоследствии заменится на 10 Гб LAN. Для стыковки с PCIexpress в группу последовательных магистралей введена PCIexpress, несмотря на возражения некоторых членов VXI – консорциума.

Принципиальное отличие архитектуры VXI4.0 от архитектуры PXIexpress состоит в том, что все модули PXIexpress объединяются по схеме «звезда» в контроллере из которого выходит один канал PCIexpress на управляющий компьютер. Этот один канал вывода сводит на нет все достоинства звездообразной схемы подключения модулей к контроллеру по PXIexpress и является естественным ограничителем такой архитектуры, приводя групповую скорость потока по схеме «звезда» к пределам скорости по кабельной версии одного порта

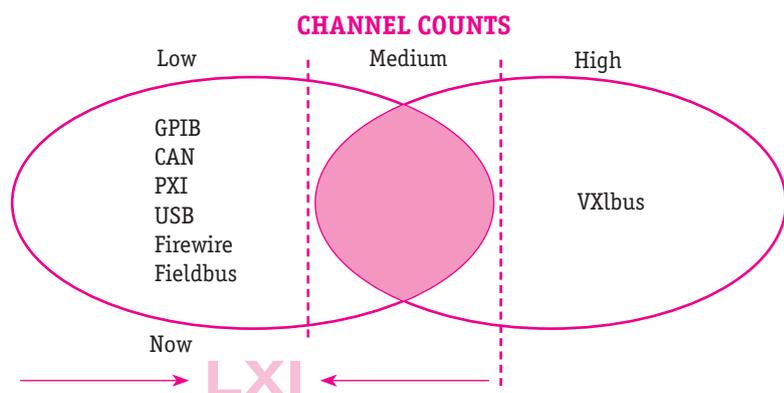


Рис. 1. Наиболее эффективные области применения систем автоматизации испытательных стендов в открытых стандартах

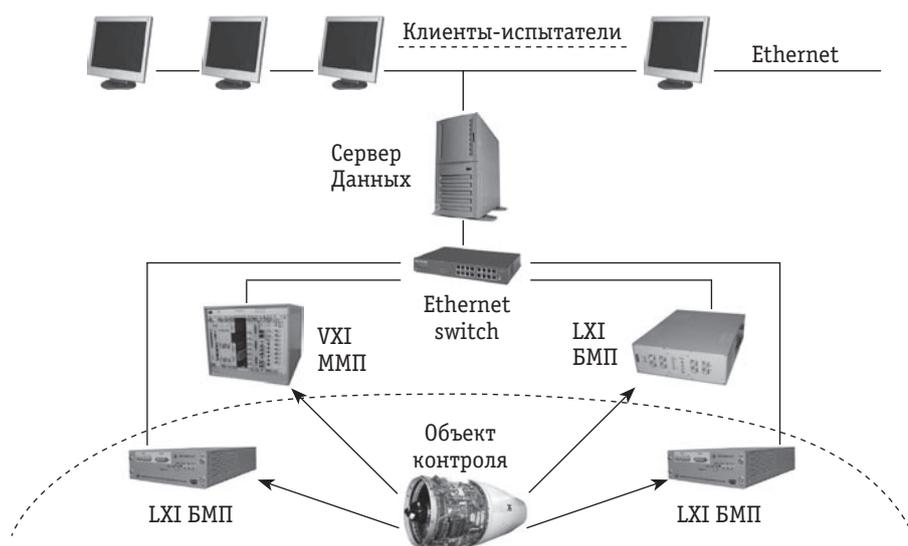


Рис. 2. Архитектура построения ИИС, имеющей динамические и статические каналы

PCIexpress на выходе контроллера. В VXI4.0 все управление реализовано на slot-0 VXI4.0, который обеспечивает обмен по параллельной магистрали VXI с протоколом 2eSST(320 Мб/с), а поток данных направляется в компьютер через многопортовый switch 1 Gb LAN или PCIexpress (9 портов). Данный модуль является отдельным слотом в VXI4.0 крейте и имеет равное количество выходов и входов. Таким образом, достигается возможность загрузки данных в компьютер с каждого слота VXI4.0 на максимально возможной скорости последовательной магистрали.

По мнению разработчиков, VXI4.0 станет идеальным стандартом для смешанных систем, позволяющим в рамках одной системы

объединять сотни быстрых и медленных каналов за минимальную цену.

Дальнейшее развитие магистрально-модульных систем — это только один из путей построения современных смешанных и динамических систем.

Второй путь построен на основе сетевых технологий и платформо-независимых измерителей из класса «синтетических инструментов», устанавливаемых в VXI и LXI-крейты. При этом медленные измерители устанавливаются в VXI-крейты, а быстрые измерители в LXI-носители. ИИС в целом представляет собой набор измерительных кластеров, каждый из которых решает свои задачи, а информационные потоки не пересекаются в рамках каждого кластера.

Такой подход позволяет совместить достоинства VXI в части максимального количества медленных каналов на крейт (в решениях Информтест до 1408 измерительных каналов на крейт, по 128 каналов на модуль и до 2112 каналов в решениях Bustec) и достоинства LXI-носителей в части отсутствия ограничений на скорость передачи данных, так как каждый носитель имеет свой LAN, потоки из которых объединяются через Ethernet switch и попадают на сервер обработки. Таким образом, достигается возможность параллельной работы большого количества динамических каналов в LXI-носителях и большого количества медленных каналов в VXI-крейтах в рамках одной смешанной ИИС.

На базе вышеописанного подхода в 2008 году российским потребителям были представлены две первые системы регистрации и анализа динамических процессов Тест – БМП1 и Тест – БМП2, построенные в стандарте LXI.

Стандарт LXI позволяет на основе данных систем строить распределенные системы регистрации и анализа динамических параметров БМП (быстроменяющиеся параметры) системы с доступом через локальные сети и через Internet. Каждая система имеет свой Web-адрес и систему тестирования и контроля через Internet.

Система на основе Тест – БМП1 является портативной, имеет возможность установки двух мезонинных модулей стандартного размера, имеет интерфейсы USB2.0 TMC и Ethernet 10/100, имеет полевое исполнение с батарейным питанием на 9–11 часов непрерывной работы в зависимости от типа измерителей и полностью соответствует требованиям LXI стандарта. Для полевых исполнений Тест – БМП1 комплектуется аккумуляторным блоком на 11 часов непрерывной работы. Перевозка системы осуществляется в специальном кейсе.

Система Тест – БМП2 позволяет установить до 8 любых мезонинных измерителей стандартной ширины. Тест – БМП2 имеет специальную съемную коммутационную панель для подключения кабелей соединения с объектом контроля и кабелей синхронизации. Тест – БМП2 име-

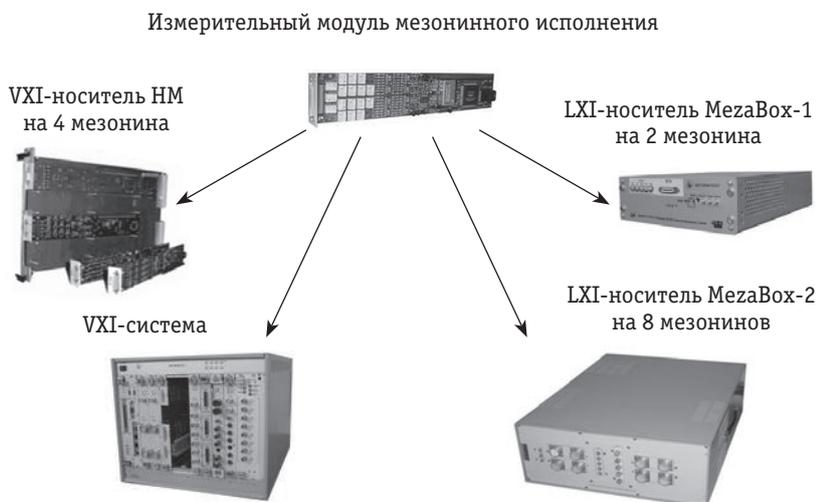


Рис. 3. Технология построения смешанных измерительных систем на носителях мезонинных модулей в открытых стандартах VXI и LXI



Рис. 4. Регистратор динамических параметров Тест – БМП1

ет интерфейсы Ethernet 10/100/1000 и USB2.0ТМС. Скорость общего информационного потока достигает 26 МВ/сек, что, в зависимости от типа измерительных мезонинных модулей, соответствует скорости регистрации до 5–5,5 млн измерений в секунду. Напряжение питания от 16 до 36 В постоянного тока и искрозащитные барьеры на коммутационной панели позволяют использовать систему во взрывоопасных помещениях. Кроме того, Тест – БМП2 имеет два встроенных постоянно подключенных аккумулятора, обеспечивающих непрерывную работу системы при пропадании питающего напряжения в течение 5–7 часов в зависимости от типов модулей. Для стандартного питания на 220 В обе системы имеют специальные адаптеры. Архитектура построения Тест – БМП2 позволяет создавать дублированные и троированные измерительные тракты. Наличие специального питания и удаленное управление позволяют максимально приблизить систему к объекту контроля, сокращая кабельную сеть и уменьшая помехи при испытаниях.

Обе системы имеют синхронизацию по TTL/TRJ и CLK 10, которая позволяет обеспечить разбежку временной привязки данных по разным каналам в пределах 2–5 мс при непрерывной работе 10–20 часов. Системы Тест – БМП 1 и 2 при необходимости конфигурируются в единый измерительный комплекс с любыми другими измерительными и телеметрическими системами, выполненными в стандартах VXI,

PXI, LXI. Все измерительные мезонинные модули, используемые в Тест – БМП, имеют VXI Plug&play-драйверы и могут использоваться в самых различных VXI-системах с носителями VXI-НМ, VXI-НМС.

Системная поддержка для Тест – БМП1 и 2 обеспечивается программным комплексом автоматизации измерений, испытаний и мониторинга АСТест-VXI, осуществляющего конфигурацию каналов, регистрацию, запись, трансляцию в сеть и отображение информации. При отображении информации к серверу данных может подключаться большое количество клиентов. При этом каждый из клиентов может вывести на свой компьютер экспресс-отображение параметров в темпе эксперимента. Перед началом работы программное обеспече-

ние систем позволяет проводить автоматическую калибровку каналов и измерять уровень шума в канале.

Для постобработки результатов экспериментов потребителям предлагаются постпроцессоры на пакеты обработки результатов испытаний, например модуль послесеканной обработки данных, входящий в состав АСТест («Лаборатория автоматизированных систем (АС)») или WinПОС (НПП «МЭРА»). АСТест отличается тем, что построен по технологии открытых систем, и для него, по требованию потребителя, оперативно могут быть дополнительно разработаны специальные процедуры постобработки или, если у потребителя имеются собственные системы постобработки, то постпроцессор на них может быть легко включен в АСТест-систему [3] (подробнее www.actech.ru).

Обе системы объединены через Ethernet switch на 1Гб LAN с 1Гб портом специального сервера, который обеспечивает сбор данных с системы, регистрацию, архивацию и трансляцию в сеть. Ко второму 1Гб порту сервера подключены компьютеры отображения для пользователей. Так как Тест – БМП 1 и 2 выполнены в стандарте LXI, то каждая система имеет собственный IP-адрес, что позволяет управлять системой через Internet. Это бывает очень удобно при техническом обслуживании систем, контроле работоспособности и т.д. Версии Тест –БМП1 и Тест – БМП2 могут



Рис. 5. Регистратор динамических параметров Тест – БМП2

иметь самые различные конфигурации по количеству и типам каналов (подробнее www.infatest.ru).

Если сравнить Тест – БМП с аналогами, представленными на российском рынке, то получится следующая картина.

В стандарте LXI прямых аналогов нет. Среди систем, работающих по Ethernet и использующих одни и те же модули в различных конфигурациях, наиболее близкими являются: Scadas Mobile для Тест – БМП1 и Scadas 04 для Тест – БМП2 от фирмы LMS. С точки зрения аппаратного состава Тест – БМП1 и 2 имеют намного более широкий выбор измерительных модулей для динамических и статических измерений по сравнению с системами Scadas от LMS (27 типов по состоянию на начало 2009 года по сравнению с 8 типами у LMS). Кроме того, все модули для Тест – БМП1 и 2 могут устанавливаться на носители в стандарте VXI. У LMS этого нет. Номенклатура измерительных модулей для Тест – БМП1 и 2 полностью закрывает весь спектр приложений для медленных систем в отличие от модулей LMS. Это позволяет легко и просто строить смешанные системы под единым программным обеспечением, облегчая жизнь заказчику и экономя средства. Для смешанных систем на основе Scadas от LMS подсистема регистрации статических параметров (медленная часть) должна выполняться другими изготовителями ввиду отсутствия таких модулей у LMS.

Кроме всего вышесказанного, надо особенно отметить тот факт, что средняя стоимость канала в Тест – БМП1 и 2 в 2,5–3 раза ниже, чем у LMS. Фактор цены является одним из важнейших особенно во время кризиса. Кроме того, системы Тест – БМП1 и 2 полностью изготавливаются в России (Зеленоград, Москва) из импортных комплектующих (при необходимости с приемкой заказчика), имеют всю документацию на русском языке, для каждой конфигурации выполняется сертификация на утверждение типа средств измерений. Каждый измерительный модуль имеет полный комплект документации и проходит необходимые испытания. На рос-

сийском рынке также присутствуют системы анализа динамических параметров Pulse фирмы Bruel & Kjaer, Vibrunner фирм VXI Technology и M+P International, Oros, решения National Instruments на PXI и другие. Среди вышеуказанных систем в открытых стандартах выполнены только Vibrunner (VXI) и системы от National Instruments (PXI).

Если сравнить Тест – БМП1 и 2 с системами БМП на основе PC-плат, вставляемых в компьютер, то сравнение будет не в пользу последних. В PC-компьютер можно вставить 2, а иногда 3 платы, что ограничивает количество каналов (обычно это 16 или 24 канала на систему). Компьютерные mainboard разных производителей (особенно китайских) имеют огромные ненормированные помехи, которые сильно ухудшают качество измерений. На шине PCI отсутствует какая-либо синхронизация, что приводит к большим разбегам данных при использовании нескольких систем на базе PC-компьютеров в рамках одного комплекса. Блоки питания компьютеров также ненормированы по уровням помех. Измерительные модули, вставляемые на шину PCI, как правило, не имеют защитных экранов. Все это приводит к крайне низкому качеству измерений и малому количеству каналов в рамках одной системы. Именно поэтому в ответственных многоканальных системах испытаний авиационной и ракетно-космической техники в России и за рубежом измерительные PC-платы, как правило, не используются, а если жизнь заставила, то заменяются при первой возможности. Основным достоинством систем на основе PC-плат является их относительно низкая цена. Однако если сравнить по цене Тест – БМП2 на 92 канала с аналогами на PC, то потребуются не менее шести 16-канальных систем с крайне сложной синхронизацией, стоимость которых скорее всего превысит цену Тест – БМП2.

Следующим этапом построения комплексной ИИС является интеграция отдельных модулей и приборов в систему автоматизации, максимально полно удовлетворяющей поставленной конкретной задаче контроля и управления сложными объектами.

Интегрированная среда сбора, обработки и представления данных модульных информационно-измерительных и телеметрических систем

Каждая конкретная ИИС строится, как специализированная интегрированная среда, объединяющая частные программные оболочки управления отдельными модулями [7]. Ядро такой интегрированной среды составляют средства многооконной визуализации первичных и обработанных данных, настройки и управления комплекса в целом, выбора режимов функционирования, которые позволяют выполнять действия наиболее общего характера.

Сбор данных

По принятой нами концепции взаимодействия с внешними устройствами для каждого типа интерфейсного оборудования разрабатывается динамическая библиотека, поддерживающая специфику функционирования его устройств сопряжения. Активизация из интегрированной среды динамической библиотеки, ответственной за взаимодействие с внешними устройствами, позволяет настроить и выполнить сеанс регистрации данных. Сама среда «не знает» об алгоритмах сбора, ей сообщается лишь местоположение (дескриптор памяти) собранных данных. Конкретные особенности сбора, такие, как режимы обмена, базовые адреса, вектора прерываний и т.д., учитываются активизированной динамической библиотекой. Библиотека отвечает за собственное оперативное конфигурирование и в случае необходимости загружает соответствующие диалоги.

Типичными параметрами настройки являются:

- установки прибора – базовый адрес, номер вектора прерывания;
- режим обмена – механизм взаимодействия с компьютером (по готовности, по прерыванию, по прямому доступу к памяти);
- режим синхронизации – способ инициализации процесса сбора;
- определение предыстории – способ деления данных на «предварительную» и «основную» информацию;
- уровни согласования – используемые уровни входных (выходных) каналов для связи с внешним устройством;

► режим дискретизации — тип (внутренний, внешний) и параметры генератора, используемого для задания частоты опроса при сборе данных;

► режим регистрации — непрерывная или однократная запись по выбранным каналам.

Визуализация данных

Компонента, поддерживающая визуализацию, т.е. представление данных на экране, является встроенной, поскольку она необходима для любого режима работы, будь то сбор данных, операции с файлами и таблицами или математическая обработка результатов.

Для визуализации используются окна графического отображения. Одновременно может быть открыто произвольное число таких окон. Стандартно каждое окно предназначено для представления совокупности всех сигналов «обслуживаемых» приборов, как цифровых (логических), так и аналоговых. При этом число видимых или активных в любой момент сигналов настраивается по ситуации. Для сканирования значений сигналов используются перемещаемые маркеры и поля отображения. Сканирование и другие операции могут выполняться как отдельно для группы аналоговых или группы логических сигналов, так и одновременно для обеих. Разумеется, окна могут дублироваться, сохраняться в файлах и т.д.

Просмотр фрагментов данных через «лупу»

Для более детального просмотра данных предлагается механизм обзора выбранного фрагмента в увеличенном масштабе. В окне отображения сигналов отмечаются границы области для подробного просмотра, после чего соответствующей командой выбранный фрагмент отображается в новом окне — «лупе». Движение маркера в этом окне синхронизировано с позицией активного маркера в исходном окне. Количество таких «луп» ограничивается лишь ресурсами компьютера.

Обработка информации

Средства обработки информации можно отнести к компонентам, наиболее наглядно иллюстрирующим принципы его построения, на-

целенные, с одной стороны, на достаточную полноту базовых средств, а с другой — на гибкость и наращиваемость конкретных реализаций.

Средства обработки реализованы в двух формах:

экспресс-обработка — наиболее общая обработка по оперативно набираемым формулам;

алгоритмическая обработка — специфическая для приложения обработка данных по заранее составленным алгоритмам.

Рассмотрим более подробно каждую.

Экспресс обработка позволяет производить различные расчеты по вводимым пользователем формулам. Это могут быть как отдельные вычисления, так и групповые операции, например, над массивами. В качестве аргументов могут выступать первичные (необработанные) данные, параметры, описывающие условия сбора, константы (числа или их идентификаторы), вычисляемые параметры по уже введенным ранее формулам или по стандартным математическим функциям. Набранные формулы могут быть временными или запоминаться для будущего использования, пополняя библиотеку (базу) экспресс-функций.

Алгоритмическая обработка. Для вычисления параметров по более сложным формулам (алгоритмам) разрабатываются специальные библиотеки, количество которых постоянно наращивается. Кроме того, существуют правила (протоколы), при соблюдении которых подобные библиотеки могут разрабатываться самими пользователями и затем подключаться непосредственно к законченной информационно-измерительной системе.

Поддержка функционирования таблиц

При отработке концепции построения интегрированных оболочек большое внимание уделялось способам хранения информации. Это связано со спецификой данных, получаемых в информационно-измерительных системах, не совсем соответствующих форматам традиционных СУБД, предназначенных в первую очередь для автоматизации административного управления. Нами учитывались два аспекта проблемы:

► статический, связанный со структурой хранения информации на диске;

► динамический, касающийся механизма взаимодействия с таблицами данных.

Структура хранения

Принята следующая базовая схема хранения данных. Различается несколько типов таблиц:

► корневые — таблицы, куда записывается информация об имеющихся таблицах данных и об условиях их получения; для хранения этих таблиц стандартно используется каталог, включенный в основной каталог интегрированной среды; корневых таблиц может быть много;

► тестовые — таблицы, где хранятся собственно данные;

► эталонные — таблицы, хранящие необходимые в некоторых случаях данные, аналогичные тестовым, но которые необходимо считать эталонными, например, в случае использования комплекса для диагностики неисправностей;

► форматы — файлы с описанием структуры используемых таблиц.

Предлагаемая схема хранения таблиц является только рекомендуемой, пользователь может придумать свою. Принципиальным для нас является то, что при больших объемах данных, чтобы «не закопаться» в них, структура должна быть! Поэтому мы предлагаем инструмент для ее поддержки.

Режимы вызова таблиц

Предусмотрены два варианта активизации таблиц данных: используя корневую таблицу и используя непосредственный вызов. Каждая запись в корневой таблице связана с таблицей данных, соответствующей сеансу сбора данных. Для корневой таблицы определены следующие основные операции:

► активизация записи — создается графическое окно, куда выводятся данные соответствующей таблицы данных;

► удаление записи — соответствующая таблица данных при этом физически не удаляется;

► редактирование записи.

Непосредственный вызов таблиц осуществляется через стандарт-

ные диалоговые панели открытия файлов.

Интегрированная среда сбора, обработки и представления данных АСТест

Именно эта идеология реализована в программном комплексе автоматизации экспериментальных и технологических установок АСТест [3], разработанного в «Лаборатории автоматизированных систем (АС)». В настоящее время этот комплекс предлагается на рынке как законченный «коробочный» продукт, а также как базовое средство для разработки систем под требования заказчика. АСТест сегодня имеет развитые средства визуализации данных в масштабе реального времени. Кроме традиционных для систем автоматизации средств визуализации, таких, как мнемосхемы с цифровыми элементами, самописцы, табличные элементы, имеются элементы визуализации, реализованные как «виртуальные приборы» (осциллограф, спектроанализатор), предназначенные для представления быстропеременных данных. На базе стандартных устройств сбора данных, используя многофункциональность комплекса АСТест, можно реализовать самые разнообразные информационно-измерительные системы.

Кроме того, средства визуализации и взаимодействия с пользователем АСТест позволяет осуществлять настройку сценариев

для выбранного режима работы системы, хранение и поиск нужного сценария в БД, проводить измерения в масштабе РВ с одновременной архивацией и визуализацией данных, просматривать и анализировать результаты. В масштабе РВ производится первичная математическая обработка и допусковый контроль значений измеряемых параметров. Вся информация сохраняется в формате БД и доступна для последующей обработки и анализа. В состав комплекса входит ПО вторичной обработки и визуализации результатов измерений.

Комплекс может функционировать как на одиночном компьютере, так и с использованием клиент-серверных технологий в рамках распределенной системы (рис. 6).

Заключение

Холдинг «Информтест» является на сегодня единственным российским предприятием, освоившим производство информационно-измерительных систем для анализа статических, статодинамических и динамических параметров в стандартах VXI и LXI. Серийно выпускается широкая номенклатура измерительных приборов в мезонинном исполнении (27 типов) по технологии «синтетических инструментов». Практически это означает, что возможно использовать одни и те же измерители без каких-либо переделок аппаратуры и программного

обеспечения для создания ИИС в различных открытых стандартах.

«Лаборатория автоматизированных систем (АС)» осуществляет разработку систем управления, подключение конкретных модулей и приборов к экспериментально-испытательной системе, комплексные решения по объединению приборов, работающих в стандарте VXI и LXI, в полностью функционально завершенные автоматизированные системы, проектирование и изготовление «под ключ» измерительных и испытательных систем на всех этапах жизненного цикла.

Модули в стандартах VXI и LXI интегрируются в систему с помощью специально разработанной в «Лаборатории автоматизированных систем (АС)» версии АСТест: «Программный комплекс автоматизации измерений, испытаний и мониторинга – АСТест-VXI©» (свидетельство Роспатент № 2007613393). Выпускаемые модули VXI и LXI холдинга «Информтест» прошли тестирование и получили статус АСТест-Compatible в «Лаборатории автоматизированных систем (АС)».

АСТест и его компоненты вместе с устройствами сбора цифровых и аналоговых сигналов применяются в настоящее время более чем в 200 организациях и ведомствах, во многих из них АСТест стал стандартом де-факто.

Оценивая достоинства, которые могут, на наш взгляд, обеспечить будущее представленному продукту и осуществляющей его технологии, можно сказать следующее: АСТест строится на базе интегрированных программных оболочек, включающих также устройства измерения. АСТест представляет собой открытую систему, которая позволяет:

- адаптировать уже имеющиеся программные блоки под конкретные, возможно достаточно специфические, требования;
- благодаря гибкому механизму встраивания новых компонент увеличивать количество динамических библиотек с целью расширения возможностей по сбору данных, их обработке, представлению, хранению и т.д.;
- непрерывно развивать систему с учетом передовых технологий, распространяя, например, область



Рис. 6. Система автоматизации стендовых испытаний на базе комплекса АСТест

ее действия на глобальные сети с помощью Internet-компоненты.

Мы прекрасно понимаем, что подход, изложенной в данной статье, является во многом революционным на фоне сложившейся плачевной реальной ситуации в авиационной и космической промышленности, и в особенности в модульном приборостроении, но именно за таким подходом будущее, именно таким путем идут иностранные фирмы и, наверное, также надо идти нам.

Такой подход особенно актуален для новых типов научной аппаратуры для исследований в области ядерной физики, нанотехнологий и др. Только такой подход в состоянии предотвратить неуправляемый рост стоимости новых измерительных систем, без которых невозможно не

отстать в гонке знаний и технологий, которые лежат в основе инновационной экономики будущего.

Литература

1. Перцовский М.И. Стратегия развития и модернизации экспериментально-испытательной базы крупных промышленных предприятий // Автоматизация в промышленности. 2009. № 6.

2. Зайченко С. Н., Перцовский М.И. Новое поколение смешанных и динамических модульных информационно-измерительных и телеметрических систем в стандарте VXI и LXI // Автоматизация в промышленности. 2009. № 7.

3. Перцовский М.И., Ртищев А.В., Шулик А.С., Яковлев А.В. Программный комплекс АСTest – комплексный подход к автоматизации испытаний и экспериментальных исследований // RMMagazine. 2006. № 5.

4. Зайченко С.Н., Хартов В.В., Кочура С.С., Филимонов С.Н. Новое по-

коление модульных рабочих мест автономных и комплексных испытаний РКТ // Аэрокосмический курьер. 2009. № 3–4.

5. Зайченко С.Н., Филимонов С.Н., Хартов В.В. Стандарт построения магистрально-модульных систем сбора данных VXI. // В кн. Цифровые измерения. Методы и схемотехника. М.: Техносфера, 2004. С. 300–315.

6. Зайченко С.Н., Комаров М.В., Страхов А.Ф., Филимонов С.Н. Инструментальные средства стандартов VXI и LXI для перспективных автоматизированных систем контроля и диагностики // Вопросы электроники. Серия общетехническая. Вып.1 2009. Май.

7. Pertcovsky M., Vorobiov Ye., Kiryukhin S., Kutsevich N. Integrated Environment for Acquisition, Processing and Control by Digital Data // The International Symposium on Problems of Modular Information Computer Systems and NetWorks, ESONE Committee. 1996.

С.Н. Зайченко, к.т.н., генеральный директор,
холдинг «Информтест», г. Москва,
тел./факс: (495) 944 5764,
e-mail: inftest@infest.ru

М.И. Перцовский, к.ф.-м.н., директор,
ООО «Лаборатория автоматизированных систем (АС)», г. Москва,
тел./факс: (495) 231 3977,
e-mail: mip@actech.ru



III ВОРОНЕЖСКИЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ФОРУМ

10-12
февраля
2010
г. Воронеж

Межрегиональные
специализированные выставки

- «Промэкспо»
- «Энергоресурс. ЖКХ»
- «Инновации. Инвестиции»
- «Экология в промышленности»

Тел./факс: (4732) 51-20-12 (многоканальный), 77-48-36
e-mail: mach@veta.ru; www.veta.ru

Организаторы:



Генеральный
интернет-партнер



Информационный
партнер

