



Программный комплекс ACTest – комплексный подход к автоматизации испытаний и экспериментальных исследований

К

онтроль качества продукции на всех этапах ее жизненного цикла является обязательным условием сертификации системы качества в соответствии с требованиями стандартов серии ISO9000, к которым сегодня мы все стремимся. Поэтому необходимо проводить испытания серийно выпускаемой продукции не только на этапе выходного контроля, но и в процессе ее производства. Да и создание новых конкурентоспособных изделий невозможно без проведения экспериментальных исследований и испытаний и подготовки опытных образцов.

В общем случае проведение таких работ включает следующие этапы:

1. Подготовка к эксперименту;
2. Проведение эксперимента;
3. Обработка результатов.

При этом распределение затрат времени и средств по этапам в различных отраслях промышленности складывается примерно следующим образом: подготовка к эксперименту – 40..70 %; его проведение – 3..15%; обработка результатов – 27..45%.

Пожалуй, самой важной составляющей практической реализации задачи автоматизации испытаний и экспериментальных исследований является программное обеспечение. ПО должно охватывать все этапы, начиная от планирования испытаний и создания измерительной системы и заканчивая обработкой результатов и их представлением в виде законченного отчета. Только при выполнении таких условий можно говорить о полноценной автоматизации.

Какое ПО хочет заказчик

Сегодня наиболее распространенной компьютерной платформой для построения программных комплексов является платформа WINTEL – операционная система Windows на Intel-совместимом компьютере. Для нее создано наибольшее количество ПО самого различного назначения – от текстовых процессоров до средств разработки программ, систем управления базами данных и пакетов математической обработки. Поэтому неслучайно специализированные программные продукты, предназначенные для подготовки и проведения испытаний, послесекансного анализа и документирования результатов, ориентированы, прежде всего, на Windows.

Очень важным требованием к ПО для проведения испытаний является его надежность и способность функционировать в темпе проведения испытаний, то

есть в реальном времени. Степень “жесткости” реального времени определяется требованиями конкретных видов испытаний. В зависимости от этого необходимо выбирать операционную систему, под управлением которой работает специализированное ПО. Такой операционной системой во многих случаях действительно может быть специально настроенные Windows NT или 2000, или Windows, функционирующая совместно с расширением реального времени, например RTX (VenturCom). Но существуют ситуации, когда требуется настоящая ОС реального времени – это может быть QNX (QNX Software Systems Ltd.) или OS (MicroWare).

Не менее важными требованиями к ПО для автоматизации испытаний является его гибкость и перенастраиваемость на новые режимы работы. При этом перенастройка должна вестись без программирования, самим инженером-испытателем или исследователем, то есть без обращения к “настоящему” программисту. Большое внимание должно уделяться также организации хранения результатов испытаний с целью создания единого информационного пространства предприятия, обеспечению простоты поиска нужных данных, поддержке соответствия измеренных данных режимам проведения испытаний, объекту и т.п.

На этапе подготовки к эксперименту должна быть сконфигурирована измерительная система, рассчитаны ее метрологические характеристики, проведено тестирование и калибровка измерительных каналов для приведения кодов АЦП в соответствие с единицами измерения физических величин. Далее следует разработать сценарий проведения измерений при испытаниях, в котором должны быть определены список опрашиваемых каналов, диапазоны и частоты их дискретизации, значения параметров для допускового контроля, какие параметры могут считаться нормальными, какие предаварийными и аварийными, вид математической обработки получаемых данных в реальном масштабе времени, способ визуализации.

Во время проведения измерений может осуществляться первичная, а при необходимости и вторичная математическая обработка поступающих сигналов. Четкой границы деления математической обработки на первичную и вторичную не существует. Будем проводить такое деление, приняв исходное положение, что обработка сигналов, которая проводится непосредственно в ходе регистрации данных, будет считаться первичной, а получение нового сигнала из измеренного или обработка, осуществляемая не в темпе проведения



измерений, – вторичной. В качестве примеров первичной обработки сигнала можно привести его масштабирование, то есть наложение калибровочных коэффициентов и приведение к требуемым единицам физических величин, фильтрацию и сглаживание сигналов, проведение допускового контроля. Отнесение допускового контроля к первичной обработке обусловлено тем, что по результатам этого контроля может меняться стратегия регистрации сигналов – увеличиваться объем регистрируемых параметров как по числу каналов, так и за счет уменьшения периода дискретизации.

Примеры вторичной обработки – это получение нового сигнала из одного или нескольких исходных, например электрической мощности путем перемножения измеренных значений токов и напряжений или нового сигнала из одного исходного, например скорости движения объекта, путем интегрирования его ускорения.

И, наконец, о визуализации. Визуализация в реальном масштабе времени должна осуществляться таким образом, чтобы человеку-оператору было максимально удобно воспринимать параметры и динамику исследуемого процесса. Поэтому на экране должен быть достигнут баланс между отображением данных в виде трендов, осциллограмм, цифровых и столбчатых элементов. При этом оптимальное сочетание зависит как от вида испытываемого объекта, так и от особенностей восприятия конкретного человека. Например, считает-

ся, что больше 4..6 трендов в одних осях воспринимаются с большим трудом. Но если ситуации такова, что при отображении необходимо следить только за тем, чтобы характер всех зависимостей был одинаковым, тогда на один график можно выводить и большее число трендов. Поэтому необходимо обеспечить оператору максимальную гибкость настройки визуализации.

Кроме результатов объективного контроля, для интерпретации и последующего анализа результатов очень важным фактором бывают ощущения и замечания проводившего испытания оператора (например, такие как “цвет выхлопа двигателя был желтоватый”, “до начала испытаний объект попал под дождь” и т.д.), поэтому они должны обязательно заноситься в базу данных результатов испытаний.

Допустим, испытания и эксперимент с объектом завершены. За ними следует послесезонная обработка, которую можно разделить на 2 этапа:

1. Экспресс-обработка данных одного эксперимента;
2. Сравнительный анализ данных испытаний различных опытов и объектов.

Послесезонная обработка обязательно должна включать возможности по отображению данных в виде графических зависимостей измеренных параметров как от времени, так и одного параметра от другого (параметрические зависимости). Важным моментом является наличие возможности сравнительного анализа

АС **Лаборатория автоматизированных систем (АС)**
Весь спектр решений для лабораторной и промышленной автоматизации
Собственные разработки, системная интеграция

- Автоматизация управления технологическими процессами
- Автоматизация диспетчерского управления
- Автоматизация измерений и испытаний
- Автоматизация учета энергоресурсов
- Системы мониторинга оборудования
- Программно-технические комплексы
- Системы цифровой диагностики

Проектирование, изготовление,
монтаж, наладка,
сопровождение, обучение

Тел. (095) 730-36-32 <http://www.actech.ru>



данных из разных экспериментов. Послесеканная визуализация должна позволять просматривать различные объемы информации в различных масштабах и разворотах – от многочасовых до микросекундных.

Какие функции должны быть предусмотрены обработкой данных? Это функции статистической обработки, линейного и нелинейного сглаживания и интерполяции данных, регрессионного анализа, цифровой фильтрации, спектрального анализа и синтеза образцовых сигналов. Для удобства использования и сокращения времени обработки полезной является функция сохранения результатов математической обработки как нового расчетного канала с сохранением описания вида и параметров математической обработки. Воспользовавшись этой функцией, можно последовательно применять к измеренным данным несколько видов математической обработки.

В послесеканную обработку данных входят и возможности документирования результатов испытаний. Документирование следует выполнять путем распечатки результатов, как в виде графиков, так и в виде таблиц с результатами измерений или их обработки. Результаты должны оформляться как протокол измерений или график. Удобно иметь возможность непосредственной вставки данных из подсистемы обработки в электронный текст отчета об испытаниях.

Теперь о базе данных. Построение баз должно быть таким, чтобы пользователь мог получить нужную информацию в нужное время и в нужном объеме, то есть просмотреть информацию по интересующему объекту и конкретному испытанию. Для этого необходимо хранить большие объемы как измерительной информации, так и общую информацию об объекте, испытательном стенде (экспериментальной установке), режимах проведения испытаний и регистрации измерительной информации.

При создании единого информационного пространства для хранения и обработки целесообразно использовать модель “клиент-сервер”. Модель “клиент-сервер” стала доминирующей компьютерной архитектурой после того, как пользователи осознали преимущество объединения удобных и недорогих персональных компьютеров с централизованными, надежными и отказоустойчивыми серверами. Клиент-серверные системы одновременно используют вычислительную мощь как клиента, так и сервера, возлагая функцию хранения данных на сервер и оптимизируя сетевой трафик так, чтобы повысить общую эффективность работы.

Для интерфейса в клиент-серверных системах наиболее удобно использовать SQL-язык структурированных запросов (Structured Query Language). Он представляет собой средство организации, управления и поиска информации в реляционных базах данных. Широкое признание SQL приобрел благодаря таким своим характеристикам, как:

- независимость от поставщика;
- переносимость на разные компьютерные платформы;
- опора на реляционные принципы хранения информации;
- высокоуровневая структура;
- интерактивное выполнение запросов;

- полнофункциональный язык БД;
- поддержка со стороны IBM, Oracle, Sybase, Microsoft, Borland и др.

Язык SQL поддерживается всеми крупными поставщиками серверов БД и подавляющим большинством производителей прикладных средств разработки и языков программирования. И последнее требование – совместимость программного и аппаратного обеспечения. ПО должно содержать драйвера для работы с аппаратными средствами сбора данных и управления различными производителями отечественных компаний до фирм с мировым именем.

Какое ПО можно предложить

На рынке программного обеспечения представлено немало достойных продуктов, которые можно было бы использовать для лабораторных и научных исследований и испытаний, автоматизации процессов промышленных измерений. Их следует условно разделить на три группы: ПО для облегчения написания прикладных программ с помощью традиционных языков программирования, среды графического программирования и конфигурируемое ПО.

Первая группа программных продуктов ориентирована на профессионалов, хотя с этим можно и спорить.

Насушных задач много, а настоящих “профи” мало. Безусловно, графическое программирование можно считать в какой-то степени выходом из положения. Но даже для работы в таком продукте как LabVIEW (National Instruments, США), необходимо владеть азами программирования или хотя бы иметь понятие, что такое цикл, условие и т.п., ну и, конечно, немножко потрудиться.

Если программные продукты из первых двух названных групп по своей сути являются инструментальными, то к третьей группе относится “законченное” ПО, использование которого исключает программирование. Продукты этой группы не следует путать с ПО для конкретной системы. Конфигурируемое программное обеспечение создается для решения класса задач, для которых такое ПО можно считать универсальным.

Занимаясь в течение длительного времени автоматизацией испытаний в ракетно-космической отрасли, самолетостроении, автоматизацией научных исследований и испытаний в различных отраслях науки, автоматизируя системы контроля качества выпускаемой продукции в промышленности, авторам статьи и их коллегам найти готовое к применению и удовлетворяющее описанным выше требованиям ПО так и не удалось. И под каждый заказ, естественно, приходилось писать свою программу на языках высокого уровня общего назначения, что было неэффективно во всех отношениях. На основе накопленного опыта внедрений (объекты, задачи и т.д.) в 2001 году специалистами “Лаборатории автоматизированных систем (АС)” был разработан программный комплекс автоматизации испытательных и экспериментальных установок АСTest. Об уровне этой разработки свидетельствуют мнения и отзывы многочисленных организаций, успешно использующих АСTest и принявших его как стандарт “де-факто”. Среди них ЦНИИ

Министерства обороны РФ, Российская академия наук, ЦНИИМАШ, ведущие ВУЗы Москвы, Котласский целлюлозно-бумажный комбинат, Коломенский тепловозостроительный завод и др. Действительно, АСTest позволяет автоматизировать весь жизненный цикл проведения испытаний, начиная от их подготовки и заканчивая обработкой и представлением полученных результатов. Возможно, для некоторых задач это ПО избыточно, а кто-то не найдет в нем необходимую функцию по обработке. Но познакомиться с АСTest имеет смысл.

Комплекс АСTest

Комплекс АСTest ориентирован на конечного пользователя (исследователя, технолога), который может настроить его для своих задач, не прибегая к услугам программистов. Комплекс позволяет устранить извечную проблему, возникающую при создании контрольно-измерительных и управляющих систем: как найти общий язык двум группам коллег – специалистам по предметной области и программистам.

При создании системы автоматизации для экспериментальных исследований нельзя учесть всех нюансов ее эксплуатации. Обычно аппаратное обеспечение на конкретном стенде обновляется не так уж часто, а вот задачи по изменению циклограмм проводимых исследований меняются достаточно оперативно. Следовательно, система должна быть легко перенастраиваемой при сохранении основных аппаратных средств (компьютер, средства сбора данных) и позволять легко заменять первичные измерительные преобразователи и устройства согласования сигналов (фильтры, усилители, делители и т.д.). Все это в комплексе АСTest предусмотрено. Услуги специалиста в области информационных технологий могут потребоваться только при замене компьютера или установке новой платы сбора данных (для установки драйверов), а также для конфигурирования прав доступа к различным ресурсам.

Комплекс АСTest может функционировать на РС-совместимом компьютере промышленного, мобильного или офисного исполнения, оснащенного средствами сбора данных. Его возможности по количеству, составу и характеристикам измерительных каналов зависят только от используемых устройств сбора данных и мощности компьютера.

Программное обеспечение комплекса позволяет осуществлять настройку на эксперимент, хранение сценариев эксперимента, проводить измерения в реальном масштабе времени с одновременной архивацией и визуализацией экспериментальных данных. В реальном масштабе времени выполняется первичная математическая обработка и допусковый контроль значений измеряемых параметров. Вся информация сохраняется в

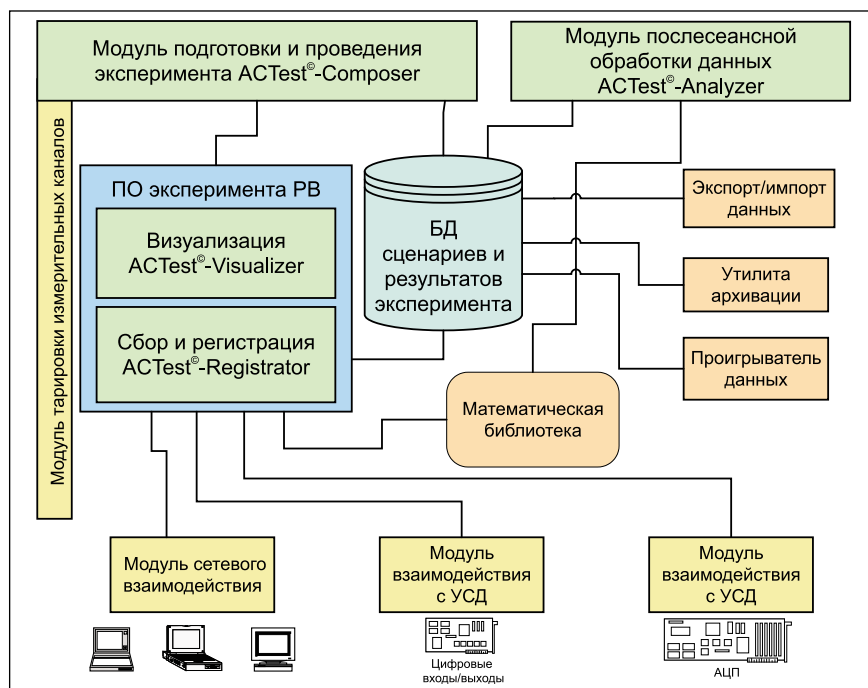
формате базы данных и легко доступна для последующей обработки и сравнительного анализа. В состав комплекса входит программное обеспечение для вторичной обработки и визуализации результатов измерений.

Комплекс функционирует под управлением ОС Windows 2000 или XP.

Программное обеспечение позволяет работать с различными устройствами сбора данных отечественных и зарубежных производителей (L-Card, Центр АЦП, ICP-DAS, Advantech, National Instruments и др.), различного конструктивного исполнения: встраиваемые платы, внешние устройства с параллельным или последовательным интерфейсом.

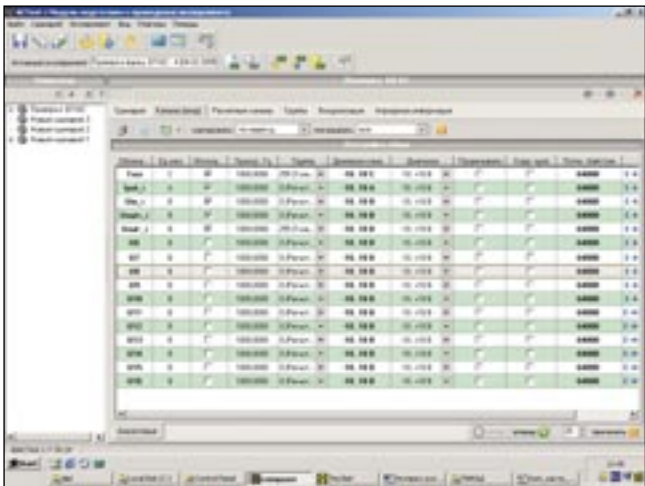
В комплексе АСTest настройка сценариев эксперимента осуществляется с помощью диалоговых окон без использования языков программирования. Данный комплекс является специализированным для целей проведения испытаний и мониторинга, что позволяет решать задачи автоматизации работ на исследовательских, технологических и контрольно-диагностических комплексах и экспериментальных установках различного назначения.

Комплекс АСTest выполнен по модульному принципу. Его основу составляет интегрированная среда, позволяющая проводить настройку эксперимента, поиск нужного сценария в базе данных, запуск программного обеспечения реального времени, просмотр и анализ результатов. ПО реального времени состоит из двух независимых частей, способных работать как единое целое на одном компьютере или на отдельных компьютерах. Подсистема тарировки и информационного сопровождения измерительных каналов передает информацию другим подсистемам комплекса о составе и характеристиках имеющихся измерительных каналов и их элементах, позволяет формировать измерительные каналы и определять их метрологические характеристики.



Структура программного обеспечения комплекса АСTest

При проведении настройки измерительной системы необходимо составить сценарий выполнения измерений, в котором следует настроить параметры сбора и регистрации сигналов, их обработку и визуализацию. Настраивая подсистему сбора данных, можно выбрать частоту дискретизации для одного из опрашиваемых каналов, дать им осмысленные обозначения и наименования, определить единицы измерений для регистрации данных по конкретному измерительному каналу. Данные по каналам могут регистрироваться автоматически, по выбранному условию или не регистрироваться вообще, а использоваться как источник данных для дальнейшей обработки или визуализации. Для удобства пересчета кодов АЦП в значения физического параметра в систему можно ввести значения чувствительности используемых датчиков и коэффициент усиления внешнего усилителя для каждого из каналов. Кроме того, предоставлена возможность программной смены диапазонов измеряемых каналов.



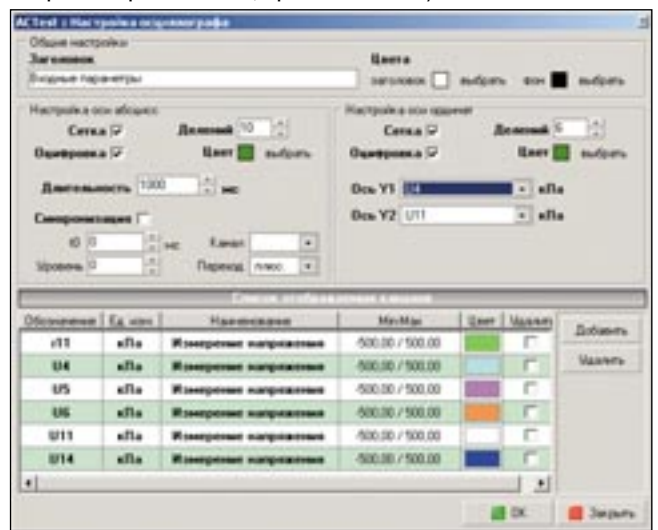
Окно настройки параметров сбора данных

ACTest позволяет провести сквозную калибровку (тарировку) всего измерительного канала, подавая на его вход воздействия, калиброванные или контролируемые эталонным прибором, и записывая коды АЦП непосредственно в память компьютера. Полученная таблица может быть обработана методом наименьших квадратов с целью получения уравнения регрессии, которое будет использоваться для пересчета кодов АЦП в значения параметров измеряемых физических величин. Пользователь может самостоятельно выбрать, какое уравнение из предлагаемого набора наилучшим образом описывает измерительный канал, а программа поможет ему, показывая графики измеренных точек и уравнений математической модели, описывающих ИК, а также величину суммы квадратов отклонений для каждого из рассчитанных уравнений регрессии.

В реальном масштабе времени возможен четырехуровневый допусковый контроль (верхние и нижние аварийные и предаварийные уровни) и математическая обработка поступающих данных.

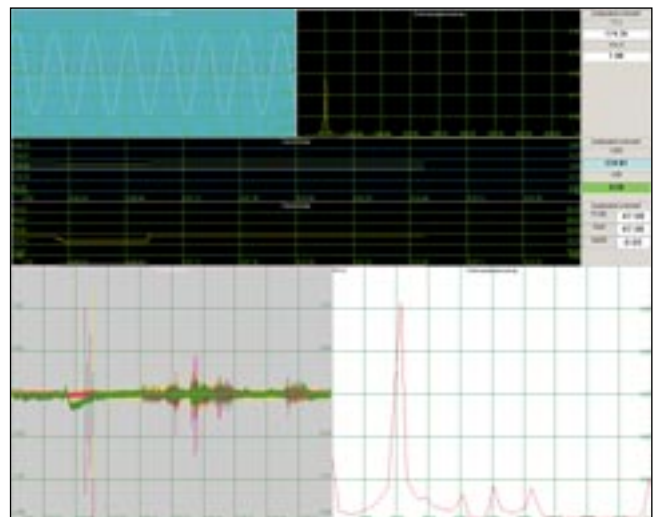
В сценариях проведения измерений можно настроить набор полей априорной информации, которая будет использоваться для идентификации экспери-

мента и описания его результатов. В типовой набор таких полей входит наименование стенда, наименование объекта испытания, режим эксперимента, дата и время проведения, фамилия ведущего и т.п.



Вид окна настроек осциллографа реального времени

При проведении измерений в реальном масштабе времени возможна визуализация получаемых данных с помощью виртуальных осциллографов, самописцев (временных и параметрических), спектроанализаторов, цифровых (табличных) и столбчатых элементов, а также отображение мнемосхемы объектов. Количество одновременно отображаемых элементов ограничено, главным образом, разрешающей способностью применяемого монитора и возможностями человека-оператора по восприятию информации.



Пример окна визуализации реального времени

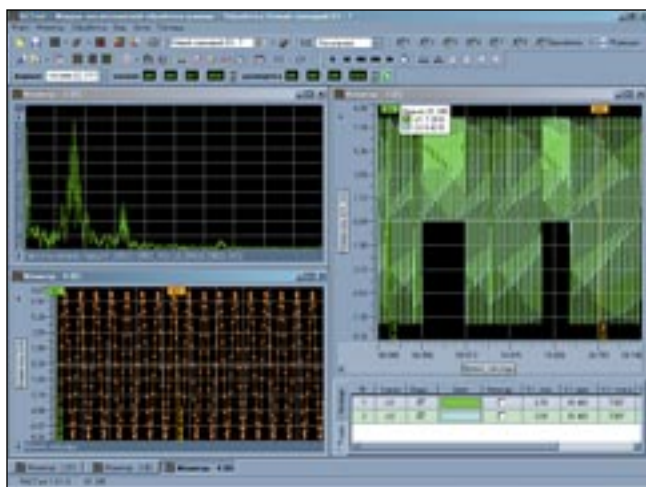
В процессе проведения измерений в соответствии со сценарием эксперимента можно рассчитывать целый ряд параметров на основе измеряемых данных, например, таких как действующее значение тока по его мгновенным значениям, частоту и период сигнала, сдвиг фаз, произведения, суммы, разности и отношения двух сигналов, статистические функции (среднее, min, max, дисперсия), проводить цифровую фильтрацию и спектральный анализ данных и др. При этом рассчитываемые данные равноправны с измеря-

емыми данными с точки зрения их визуализации, сохранения и использования в качестве источника.

Специально созданная авторами статьи масштабируемая библиотека ACMath позволяет оперативно добавлять необходимые математические функции для решения конкретной задачи. Библиотека снабжена открытым программным интерфейсом, который позволяет разрабатывать модули расширения непосредственно пользователям системы в целом.

По окончании испытаний экспериментатор может ввести свое субъективное мнение о проведенном опыте в окне специального текстового редактора (например, "объект поскрипывал и сильно искрил"). Эта информация будет сохранена в поле апостериорной информации базы экспериментальных данных.

ACTest позволяет просматривать и проводить послесекантный анализ полученной информации. Одновременно могут обрабатываться данные различных испытаний, хранящихся в базе данных результатов экспериментов, можно выбирать любые результаты измерений, просматривать идентификационную и дополнительную информацию. Многооконный графический виртуальный "графопостроитель" позволяет просматривать результаты измерений в виде графиков $Y = f(t)$, $Y = f(x)$. Имеется также возможность масштабирования и прокрутки графиков.



Пример окна послесекантной обработки данных

Графики из всего объема базы данных без проблем выбираются и накладываются друг на друга, позволяя визуально сравнивать их, включая графики разной длины. Для удобства сравнения возможно оперативное включение/отключение режима отображения любого из графиков. Имеется также возможность отображения графиков элементарных функций и аппроксимации экспериментальных данных графиками элементарных функций.

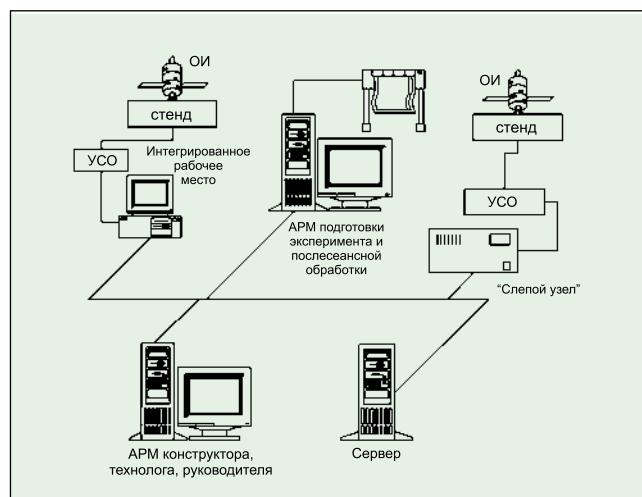
Виртуальный "графопостроитель" обеспечивает маркерные измерения (система поточечных и интервальных измерений), позволяющие измерить расстояния между любой парой точек графической плоскости, определить значения сигнала в характерных точках, экстремумы. Могут быть рассчитаны дополнительные характеристики сигнала (среднее значение, min и max, определенный интеграл и т.п. по согласованию с заказчиком).

Комплекс ACTest награжден медалями "ГАРАНТИЯ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ" конкурса "Национальная безопасность" 2002 и 2005 годов; дипломами лауреата Московских Международных промышленных форумов (MIIF) 2002, 2003, 2005 годов; дипломом победителя конкурса программных продуктов 2004 года XV выставки информационных технологий SofTool в номинации "Коробочный продукт для АСУ ТП". Версия 1.9 комплекса ACTest является победителем конкурса "Дебют года" (2005 год) XVI выставки SofTool. Около 70 организаций и ведомств России приняли комплекс ACTest как стандарт "де-факто".

Возможности проведения обработки сигналов в модуле послесекантной обработки шире, чем для модуля реального времени, и содержат практически полный "джентльменский" набор, включающий цифровую фильтрацию, спектральный и корреляционный анализ.

Программное обеспечение позволяет проводить экспорт данных в текстовые файлы для сервисных режимов вторичной обработки данных (конвертеры в файлы данных MATHCAD, Excel и др. и обратное преобразование импорт данных для хранения и визуализации).

В ACTest предусмотрена возможность документирования результатов измерений – режим печати графиков с текстом сопровождения на любом принтере, использующем драйвер Windows. Комплекс ACTest позволяет проводить измерения как медленно меняющихся, так и быстропеременных процессов. В составе комплекса применялись платы сбора данных с частотой сбора до 100 МГц.



Построение сети сбора и обработки данных лабораторно-стендового комплекса с использованием ACTest

ACTest может функционировать как на одиночном компьютере, так и с использованием клиент-серверных технологий в рамках распределенной системы сбора и обработки данных.

М. И. Перцовский, А. В. Ртишев,
А. С. Шулик, А. В. Яковлев,
"Лаборатория автоматизированных систем (АС)"

"Лаборатория автоматизированных систем (АС)":
тел./факс: (095) 730-3632 (многоканальный),
e-mail: info@actech.ru, http://www.actech.ru