

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА НА ОТЕЧЕСТВЕННОМ ОБОРУДОВАНИИ "Л-КАРД"

А.Лапин,
Н.Шилов



Для создания испытательного стенда на современной информационно-измерительной системе (ИИС) в НИИХИММАШ был проведен анализ мирового рынка этих систем. В результате по соотношению цена – качество выбор пал на оборудование отечественного производителя – ЗАО "Л-КАРД", имеющего большой опыт в реализации ИИС весьма ответственного назначения.

Необходимость перехода на новую аппаратуру в испытательном стенде НИИХИММАШ была вызвана невозможностью выполнять современные задачи по испытанию ракетно-космической техники на старом оборудовании. Решение таких задач требует больших длительностей испытаний и объемов измерений, повышенной точности измерения и отображения информации, оперативной ее обработки.

Реально переход со старой системы "Эра" на новую осуществлялся в два этапа во время перерывов между испытаниями. На первом этапе была заменена дублирующая система, и испытания проводились на двух системах – "Эра" и "Л-КАРД". На втором этапе, после подтверждения за короткий срок (две недели) требуемых характеристик новой системы, аппаратуру "Эра" демонтировали окончательно и смонтировали в дублированном варианте ИИС на базе аппаратуры "Л-КАРД" (см. врезки I и II). Последние огневые испытания проводились уже на новой системе (рис.1). При этом никаких существенных замечаний в отношении аппаратуры зафиксировано не было. После небольшой модернизации ИИС была подготовлена к следующей серии испытаний. Объем измерений и требования остались практически такими же, как и на предыдущих испытаниях.

Представляем авторов статьи

ЛАПИН Алексей Анатольевич. Технический писатель ЗАО "Л-КАРД". Окончил МИФИ (кафедра электроники). Сфера профессиональных интересов – системы сбора данных и управления, организация оборота технической документации, модернует подборки "АЦП: решения, схемотехника, поставщики" и "Где купить датчики?" Контактный тел.: (095) 257-17-10; e-mail: a_lapin@lcard.ru; личный сайт: http://www.lcard.ru/~a_lapin/

ШИЛОВ Николай Владимирович. Начальник бригады в НИИХИММАШ. Окончил Харьковский политехнический институт. Сфера профессиональных интересов – испытания двигателей. E-mail: shilov@divo.ru

Новая ИИС состоит из трех подсистем: подсистемы медленно меняющихся параметров (ММП), быстро меняющихся параметров (БМП) и подсистемы единого времени (СЕВ).

Подсистема измерения ММП построена на базе модульной измерительной системы LTC (см. врезку I и таблицу), включенной в Госреестр средств измерений и имеющей сертификат соответствия и свидетельство на взрывозащиту. Из-за недостатка средств и большого числа измеряемых параметров в подсистеме оставлены некоторые типы вторичных преобразователей сигналов датчиков из комплекта "Эры". В состав подсистемы входят:

- каналы измерения давления (440 параметров), которые содержат блоки питания датчиков во взрывозащищенном исполнении LPF-LE7 (16 каналов), модули искрозащиты LE-37 и недорогие АЦП LC-111 (32-канальный режим подключения). Точность регистрации – 0,14%;
- каналы измерения температуры (386 параметров). Термометры сопротивления: ввод дискретных сигналов через преобразователи "Спутник" на модули LC-401 и прецизионный канал измерения на базе генераторов тока LC-116 (16 каналов), точных АЦП LC-114 (16 каналов) и модулей искробезопасного подключения датчиков LE-37. Точность канала без датчика – 0,03 К в водородном диапазоне. Термопары: подключение к LC-114 через модули искрозащиты LE-37;
- каналы регистрации кодов (414 параметров). Ввод сигналов от уровнемеров систем контроля заправки, команд системы управления на модулях LC-403I (32 канала). Точность регистрации – 0,001 с;
- каналы регистрации частотных параметров (27 параметров). Ввод значений расходов, оборотов, параметров системы заправки на



Рис.1. Огневые испытания реактивного двигателя на стенде НИИХИММАШ

* См. также: ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 1999, № 1, с.36–37; № 3, с.32–33; № 6, с.50–51.



модуле-частотомере LC-451 (8 каналов) через усилитель-преобразователь УДР-ЗВИ. Точность регистрации – 0,0005% (за период усреднения 1 с). Для регистрации формы сигналы датчиков подаются в параллель на платы L-1221 (см. врезку II) через модули искрозащиты LE-37 подсистемы БМП;

- каналы регистрации статико-динамических давлений (7 каналов) через модули искрозащиты на модулях АЦП для тензометрических измерений LC-212. Точность регистрации – 0,1%;
- каналы регистрации напряжений (84 параметра) в виде значений 0...+5 В на модули LC-111.

В подсистеме измерения ММП один крейт LTC-45 (рис.2) на 16 измерительных модулей и один крейт-контроллер LC-016 обеспечивают преобразование, сбор, передачу и обмен данными со скоростью 300 Кслов/с, максимальный поток 170 тыс. измерений/с на один крейт. Всего в подсистему входят 10 крейтов (пять – основная система и пять – дублирующая). В измерительных крейтах информация с помощью крейт-контроллеров и встроенных компьютеров собирается, привязывается к шкале времени и передается через сетевые адаптеры в локальную вычислительную сеть типа Fastethernet с пропускной способностью до 100 Мбайт/с. Локальная вычислительная сеть ИИС имеет сложную разветвленную структуру. Она объединяет компьютеры на стенде (12 абонентов), в бункере управления (до 30 абонентов), в здании “ЦИЛ-В” (10–15 абонентов). Связь между стендом и бункером управления, между бункером управления и зданием “ЦИЛ-В” осуществляется с помощью волоконно-оптического кабеля. Информация с основных и дублирующих крейтов ММП передается в бункер управления через сетевые коммутаторы (HUB) и оптические линии связи, далее поступает на компьютеры регистрации и обработки (основной и дублирующий). Оцифрованная информация регистрируется на жестком диске, обрабатывается (1 раз/с или 10 раз/с) с получением физических значений (а также расчетных параметров), передается в локальную сеть на компьютеры визуального отображения в цифровом виде или форме, задаваемой потребителем информации (стационарный или бегущий график, мнемосхемы, цифровое отображение с допускаемым контролем).

Подсистема измерения БМП предназначена для регистрации параметров вибраций, пульсаций. Построена на базе промышленных компьютеров, в которых установлено по восемь плат L-1221. В пределах одного промышленного компьютера обеспечиваются измерения, запись на диск и передача на уда-

Полный состав модульной измерительной системы LTC

Наименование модуля	Характеристики	Цена, у.е.
Устройства сопряжения крейта с центральным компьютером		
LC-010E	Крейт-контроллер "Манчестер-2". До 1500 м, до 1 Мбит/с	240
LCI-01	Плата сопряжения "Манчестер-2" на шину ISA	200*
LC-014	Крейт-контроллер: LPT-порт (EPP или двунаправленный), 1,5 м, до 800 кбайт/с	180
LC-016	Крейт-контроллер встроенного промышленного PC (через ISA), 300 Кслов/с	250
Модули аналогового ввода/вывода		
LC-237	Носитель мезонинов измерения медленно изменяющихся сигналов, 14 разрядов, до 16 каналов (8 субмодулей), 100 Гц. Поканальная гальваноразвязка до 500 В	120
LC-111	АЦП 12 бит, 50 кГц, 16 / 32 канала, гальваноразвязка до 500 В	150
LC-202F	АЦП для виброакустических измерений, 16 бит, 55 кГц, 4 канала	490
LC-212F	АЦП для тензометрии, 16 бит, 150 кГц, 4/8 каналов	420
Комплект модулей для прецизионных температурных измерений		
LC-114F	АЦП 14 бит, 600 Гц, 16 каналов	490
LC-116F	Источник тока возбуждения резистивных датчиков, 16 каналов	420
Недорогой комплект модулей для измерения потенциальных и токовых сигналов		
LC-301	АЦП 12 бит, 200 кГц. Система калибровки (опция)	150*
LC-101	Коммутатор-усилитель (32 канала) с входами до 10 В	80
LC-102C	Коммутатор-усилитель (16 каналов) с токовыми входами	80
LC-102N	Коммутатор-усилитель (32 канала) – измеритель термопар	70*
LC-104	Коммутатор-усилитель (8 каналов) – измеритель терморезисторов	80
Модули с поканальной гальваноразвязкой для прецизионных измерений (напряжение, ток, термоизмерения)		
LC-227	АЦП 8 каналов, 10 Гц, гальваноразвязка до 500 В	300
LC-026	Субмодуль – расширитель числа входных каналов (+8 каналов)	230
LC-028K	Субмодуль – измеритель холодного спая термопар	10*
Модули дискретного ввода-вывода		
LC-401	Дискретный ввод: 16 каналов с поканальной гальваноразвязкой	70
LC-403I	Дискретный ввод: 32 канала	60
LC-403I-N	Дискретный ввод: "сухие" контакты, 32 канала	65
LC-402	Дискретный вывод: 16 каналов с поканальной гальваноразвязкой	75
LC-403U	Цифровой ввод/вывод: ТТЛ, 32 канала	75
LC-451	Частотомер, 1 Гц–250 кГц, 8 каналов	190
Модуль ЦАП		
LC-302	ЦАП 12 бит, 5 мкс, 4 или 8 каналов	150*
LC-352	Генератор сигналов произвольной формы, 16 бит, 1 канал	400
Крейты (корпуса для установки модулей)		
LTC-25	На 7 модулей, настольный	290
LTC-26	На 7 модулей, переносной	340
LTC-27	На 7 модулей, настольный	200
LTC-28	На 7 модулей, переносной	250
LTC-21	На 7 модулей, для монтажа в аппаратуру	270
LTC-35	На 16 модулей, в стойку 19 дюймов	450
LTC-36	На 16 модулей, переносной	490
LTC-37	На 16 модулей, в стойку 19 дюймов	350
LTC-38	На 16 модулей, переносной	390
LTC-45	На 16 модулей, в стойку 19 дюймов, с отсеком под промышленный PC	450
LTC-46	На 16 модулей, переносной, с отсеком под промышленный PC	490
OP-45	Кассеты для промышленных PC	80*
LTC-31	На 16 модулей, в стойку 19 дюймов, для модулей искрозащиты серии LE	260
LTC-22	На 8 модулей, для монтажа в аппаратуру, для модулей искрозащиты серии LE	180
Система питания		
LTC-PW	Блок питания, основной, 220 В, 50 Гц	150
OP-PW12	Блок питания, дополнительный, 12 В постоянного тока	165
OP-PW27	Блок питания, дополнительный, 27 В постоянного тока	165
Вспомогательные модули		
LE-37	Модуль искробезопасного подключения датчиков, 37 цепей	320
LE-40	Усилитель заряда с искробезопасным подключением датчиков, 4 канала	180
LP-03	Усилитель заряда, 1 канал	30
LP-04	Усилитель напряжения для тензодатчика, 1 канал	30

*Цена изделия в минимальной конфигурации (Подробно о модулях см. на сайте WWW.LCARD.RU или в каталоге фирмы)



Рис.2. Внешний вид крейта LTC-45

ленный компьютер информации со скоростью до 500 тыс. измерений/с по сети и до 800 тыс. измерений/с при прямом соединении. На удаленном компьютере производится запись всего потока, обработка и отображение в реальном времени группами по четыре параметра информации в требуемом виде.

В схеме реализовано два вида каналов регистрации БМП:

- канал прямой регистрации сигналов датчиков низкочастотных вибраций. Сигналы с предусилителей датчиков подаются через модули искрозащиты на вход платы L-1221, питание предусилителей при этом для обеспечения взрывозащиты осуществляется через блоки питания внешних усилителей. Число каналов данного вида равно 16. Точность регистрации – 1,15% при неравномерности характеристики – 1,5%;
- канал регистрации через внешние усилители на плате L-1221. Общее число каналов – 65. Точность регистрации – 2,3% при неравномерности характеристики – 5%.

Подсистема единого времени предназначена для выработки стабильных во времени импульсов образцовых частот, приема сигналов "Старт", "Протяжка 1", "Протяжка 2" и формирования токовых сигналов для передачи по линиям связи (витая пара) в измерительные крейты. Подсистема формирует сигналы частотой 1 кГц для прерываний сигнальных процессоров в крейт-контроллерах и платах

I. МОДУЛЬНАЯ СИСТЕМА LTC

Характерные особенности:

- возможность построения мобильных и стационарных информационно-измерительных и управляющих комплексов на базе PC и ноутбуков;
- потенциальные, токовые, частотные входы, поддержка всех основных типов промышленных датчиков;
- наличие модулей различных классов точности с гальваноразвязкой или без нее, а также различных крейтов и крейт-контроллеров позволяет оптимально компоновать системы для различных задач при невысокой стоимости;
- система включена в Госреестр средств измерения, имеет взрывозащищенное исполнение (ГОСТ 12.2.020-76, ГОСТ 22782.0-81, ГОСТ 22782.5-78, ExIIBIC);
- конструктив "Евромеханика 3U".

В составе системы:

- набор модулей ввода/вывода;
- крейт для монтажа элементов системы;
- основной, а при необходимости и дополнительный, блок питания;
- плата промышленного PC в кассете (при необходимости);
- крейт-контроллер для связи с центральным компьютером (при необходимости – интерфейсная плата "Манчестер-2" на шину ISA).

Номенклатура крейт-контроллеров обеспечивает гибкость пространственной архитектуры системы. Предлагаемые "Л-КАРД" модульные системы на базе LTC-крейтов характеризуются высокой устойчивостью к механическим воздействиям.

Условия окружающей среды:

- температура рабочая – от +5 до +55°C;
- температура хранения – от -10 до +55°C;
- относительная влажность – от 5 до 90 %.

L-1221, а также сигналы частотой 1 и 10 Гц для синхронизации ИИС с другими службами.

Структурная схема испытательного стенда на ИИС "Л-КАРД" приведена на рис.3.

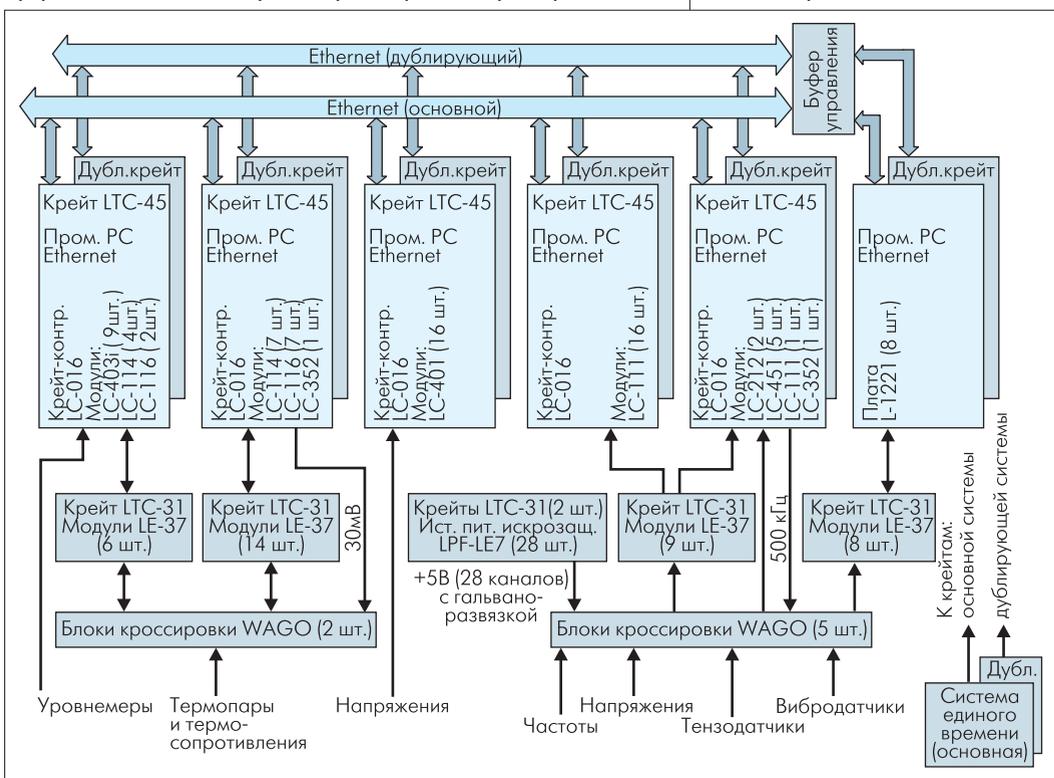


Рис.3. Структурная схема испытательного стенда

Аналогичные системы, собранные на аппаратуре ЗАО "Л-КАРД", успешно функционируют в НИИХИММАШ ещё на трёх стендах, а также на других предприятиях отрасли. Фирма постоянно совершенствует аппаратуру. В настоящее время уже выпускается PC-совместимая станция сбора данных Н-2000, в которой учтены недостатки LTC-крейтов.

Опыт эксплуатации системы измерений на базе оборудования ЗАО "Л-КАРД" свидетельствует, что эта аппаратура представляет собой класс современных ИИС, которая по своим характеристикам практически ничем не уступает зарубежным аналогам и в то же время гораздо дешевле. Это, естественно, привлекает отечественного потребителя с ограниченными средствами.



II. ПЛАТА АЦП ДЛЯ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА L-1221

Специализированная плата для применений, связанных с повышенными требованиями к динамическим параметрам (отношение сигнал/шум, неравномерность амплитудно-частотной характеристики, динамический диапазон). Для оцифровки сигнала используются сигма-дельта АЦП со встроенными антиалайзинговыми ФНЧ. При проведении измерений сигнал сначала проходит через аналоговый фильтр для удаления высоких частот, а частота среза антиалайзингового фильтра при последующей фильтрации автоматически подстраивается к половине частоты дискретизации. Размещенный на плате цифровой сигнальный процессор (ЦСП), внутренняя структура которого оптимизирована для реализации цифровой фильтрации, спектрального анализа и т.д., используется и для управления всеми периферийными устройствами платы. Наличие ЦСП позволило упростить программирование для конкретных приложений.

Технические характеристики:

АЦП

Число каналов	8 дифференциальных
Разрядность АЦП	16 бит
Сигма-дельта АЦП с встроенным антиалайзинговым фильтром:	
максимальная частота преобразования	55 кГц
минимальная частота преобразования	1,5 Гц
входное сопротивление	>10 МОм
диапазон входного сигнала	$\pm 6 \dots \pm 0,04$ В
защита входов	± 20 В (питание вкл.), ± 10 В (питание выкл.)
смещение нуля без калибровки	не хуже 2,5 мВ

после калибровки	не хуже 0,04 % от диапазона
уход смещения нуля от температуры	
в режиме измерения постоянной составляющей	менее 15 мВ/°С
температурный уход масштаба	0,0001/°С
сигнал/шум + гармонические искажения	-62 дБ (частота 55 кГц, ± 80 мВ), -86 дБ (частота 55 кГц, $\pm 6,3$ В)
подавление синфазной составляющей	-70 дБ
неравномерность АЧХ	
в полосе пропускания	-0,02 дБ (частота 55 кГц, ± 80 мВ), -0,07 дБ (частота 55 кГц, $\pm 6,3$ В)
межканальное прохождение	-75 дБ (частота 55 кГц, $\pm 6,3$ В), -100 дБ (частота 55 кГц, $\pm 6,3$ В)
подавление сигнала вне полосы пропускания	ниже уровня шумов

Цифровой сигнальный процессор

Тип	ADSP 2186
Тактовая частота	28 МГц
Внутреннее ОЗУ данных	8 Кслов
Внутреннее ОЗУ программ	8 Кслов

Цифровые входы/выходы

Число линий	3
Тип логики	ТТЛ
Габариты	120x167 мм
Цена (вариант без режима отсечки постоянной составляющей)	750 у. е.
Цена (вариант с режимом отсечки постоянной составляющей)	850 у. е.