

ЛИТЕРАТУРА

1. Никитюк И. М. Программно-управляемые блоки в стандарте КАМАК. М., Энергия, 1977, с. 22—116.
2. Елизаров О. П., Жуков Г. П., Мячев А. А. Контроллер каркаса в стандарте КАМАК для связи с ЭВМ М400.— Препринт П-8396. Дубна, изд. ОИЯИ, 1974.
3. Касперович А. П., Солоненко В. П. Крейт-контроллер к ЭВМ «Электроника-60».— В кн.: Автоматизация научных исследований на основе применения ЭВМ. (Тезисы докладов Всесоюз. конф.) Новосибирск, изд. ИАиЭ СО АН СССР, 1979.

Поступило в редакцию 28 июля 1979 г.;
окончательный вариант — 2 октября 1979 г.

УДК 681.3.06

М. Н. БУХАРОВ, Г. А. ВАСИЛЬЕВ, А. Н. ВЫСТАВКИН, В. С. ЛОЗЮК,
С. В. ЛУКОШКОВ, А. Я. ОЛЕЙНИКОВ, Е. В. ПАНКРАЦ, Л. З. ПОСОШЕНКО,
А. П. СМУРЫГОВ, В. А. ТИМОФЕЕВ

(Москва)

МАШИННОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ АППАРАТУРЫ КАМАК В СОСТАВЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

1. **Введение.** Функциональные модули, входящие в измерительно-вычислительные комплексы (ИВК), за редким исключением, являются программно-управляемыми устройствами. Это обстоятельство создаст предпосылки для машинного тестирования отдельных модулей и их групп. В то же время специфика аппаратуры, выполненной в стандарте КАМАК, накладывает ряд особенностей на организацию ее тестирования [1]. В данной статье рассмотрены аппаратно-программные комплексы, предназначенные для тестирования систем КАМАК; приведены результаты разработки технических и программных средств тестирования.

2. **Принципы тестирования.** Опыт машинного тестирования КАМАК-аппаратуры, накопленный при создании тестового обеспечения ИВК, показал, что тестирование должно позволять проводить как общую проверку работоспособности аппаратуры по ряду основных параметров, так и детальную оценку функционирования каждого модуля с локализацией неисправности.

Общая проверка необходима в первую очередь при выпуске аппаратуры на заводе-изготовителе. Более детальное тестирование требуется при наладке аппаратуры, а также при анализе неисправности в системе на стадии эксплуатации.

2.1. *Проверка функционирования всего набора модулей в совокупности.* При такой проверке все модули находятся в крейте на определенных станциях и соединены по передним панелям определенным образом с помощью кабелей. Тест проверяет реакцию каждого из модулей на допустимые и недопустимые для данного модуля КАМАК-команды и субадреса. Для модулей, соединенных внешними связями, проводится проверка реакции на специфичные для таких цепочек модулей последовательности команд.

Описанный выше способ тестирования был впервые использован для проверки функционирования модулей крейта КАМАК 1, входящего в состав ИВК-1 и ИВК-2*.

Для такого тестирования характерна минимальная занятость оператора. Как правило, во время прохождения тестов перекоммутация внешних связей не проводится, дополнительная измерительная и технологическая аппаратура не используется. Такая проверка поверхностная и охватывает далеко не все параметры модулей.

2.2. *Детальная проверка отдельных модулей или групп модулей с локализацией неисправности.* При детальной проверке отдельных модулей или групп модулей имитируются все, за небольшим исключением, режимы работы модуля с проверкой по возможности всех параметров модуля (реакция на КАМАК-команды, время срабатывания, выходное сопротивление и т. д.). Это достигается путем использования специальных (технологических) модулей, измерительной аппаратуры и специально разработанных средств перекоммутации (имитатора объекта).

Описываемый метод тестирования явился дальнейшим развитием способа, изложенного в п. 2.1, и был впервые применен для тестирования крейта КАМАК 2, входящего в состав ИВК-3.

* Большинство тестовых программ было разработано специалистами ИНЭУМа.

Управляющая программа теста („голова“)			
Тестовая программа 1 (PRG 0)			
Подтест 1	Подтест 2	...	Подтест...
Тестовая программа 2 (PRG 1)			
Подтест 1	Подтест 2	...	Подтест...
Тестовая программа 3 (PRG 2)			
Подтест 1	Подтест 2	...	Подтест...
Вспомогательные подпрограммы			
Тексты сообщений оператору			

Все кабели закреплены вдоль задней стенки корпуса имитатора и имеют длину, обеспечивающую подключение к разъемам модулей (даже в случае установки некоторых модулей в удлинитель). Против входа каждого кабеля дана соответствующая маркировка. На корпусе имитатора объекта установлены также блочные разъемы для подключения кабелей вспомогательных приборов (цифрового вольтметра, частотомера) и 50-контактное гнездо, с помощью которого можно подать на осциллограф напряжение с любого из входных (выходных) разъемов имитатора объекта.

4. Организация тестовых программ. Тестовое программное обеспечение аппаратуры КАМАК реализовано на языке Ассемблер с использованием макрокоманд языка IML [1] и имеет модульную структуру (см. рисунок). Каждый тест состоит из общей для всех тестовых программ управляющей программы («голова» теста), трех частей собственно теста (программ PRG0, PRG1, PRG2), вспомогательных подпрограмм и текстов сообщений оператору. Управляющая программа (разработана в ИНЭУМе) дает возможность оператору с пульта ЭВМ выбрать необходимый тест и задать режим его исполнения. В составе «голова» теста имеется набор подпрограмм печати сообщений, перевода чисел из одного представления в другое и т. д. Использование этих подпрограмм облегчает создание собственного теста. Тестовые программы, в свою очередь, состоят из подтестов. Для осуществления связи с управляющей программой тесты и подтесты оформляются специальным образом (снабжаются заголовками) и используют специальные директивы для оповещения управляющей программы об окончании теста и подтеста. В числе вспомогательных программ — подпрограммы преобразования форматов и выполнения других операций, отсутствующие в «голове».

Тексты сообщений оператору записаны в коде КОИ-7 в виде отдельных строк сообщений, из которых с помощью программ «голова» могут быть смонтированы сложные сообщения.

Тестирование модулей проводится в следующих направлениях: проверка реакции модулей (сигналов Q и X) на допустимые и недопустимые команды и субадреса; проверка функционирования модуля (правильность реакции на целочки команд с учетом сигналов на передних панелях, проверка обработки запросов и т. д.), снятие характеристик модуля (время срабатывания и преобразования, входное и выходное сопротивление и т. д.).

Этот метод характеризуется, с одной стороны, усложнением имитатора объекта, необходимостью проведения тестирования в режиме диалога с оператором и усложнением тестовых программ, а с другой — возможностью детальной проверки модулей в различных режимах работы.

3. Технические средства, необходимые для машинного тестирования КАМАК-аппаратуры. При способе тестирования, описанном в п. 2.4, в качестве дополнительного технического средства использовался сравнительно простой имитатор объекта — набор кабелей, соединяющих выходные разъемы одних модулей с входными разъемами других.

Детальная проверка модулей КАМАК в соответствии с п. 2.2 потребовала усложнения имитатора объекта и использования измерительной аппаратуры, выполненной не в стандарте КАМАК. В частности, в качестве эталонного счетчика и генератора импульсов с частотой 10 МГц использовался частотомер ЧЗ-35А, а для измерения напряжений аналоговых выходов — цифровой вольтметр Ф-30. Для обеспечения коммутации между модулями, а также между модулями и измерительными приборами применяется имитатор объекта. В нем имеются необходимые нагрузочные резисторы, обеспечивающие тестирование модулей в условиях, близких к реальным.

Конструктивно имитатор объекта представляет собой пенал размером 500×150×50 мм, который крепится к ручкам вентиляционной панели крейта.

Принято следующее представление результатов тестирования на печатающем устройстве ЭВМ. Каждый тест и подтест представляются оператору перед исполнением. При необходимости на печатающее устройство выводятся директивы по проведению тестирования, требуемым перекоммутациям и т. п., при обнаружении неисправности печатается сообщение об ошибке, в котором указываются номера теста и подтеста, адрес программы, откуда поступила директива на печать сообщения об ошибке, и диагностическая информация.

При использовании модулей в составе конкретной системы пользователь может применять отдельные подтесты, корректируя в случае необходимости ячейки памяти, содержащие информацию об адресах модулей. Чем ближе конфигурация системы к исходной, тем большая часть тестовых программ может быть использована.

Заключение. Опыт машинного тестирования аппаратуры КАМАК показал, что для повышения достоверности результатов работы систем автоматизации экспериментов необходима периодическая проверка модулей. Эту задачу позволяет решить тестовое обеспечение, описанное в настоящей статье.

ЛИТЕРАТУРА

1. Выставкин А. Н., Дедов Ю. А., Куклин Г. Н. и др. Проблемно-ориентированные вычислительные комплексы на базе ЭВМ СМ-3, СМ-4 и аппаратуры КАМАК для автоматизации научных исследований.— *Автометрия*, 1980, № 3.
2. Панкрац Е. В., Казакова Н. А. Реализация языка промежуточного уровня IML на ЭВМ типа СМ-3.— *Автометрия*, 1980, № 3.

Поступила в редакцию 4 июня 1979 г.

УДК 681.3+523.164

Ю. К. ПОСТОЕНКО
(Горький)

СТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ АНТЕННОЙ РАТАН-600

Антенна радиотелескопа РАТАН-600 представляет собой весьма сложное сооружение, реализующее рефлекторный метод приема излучений при сплошной апертуре и использующее идею синфазирования, основанную на управлении тремя координатами множества независимых элементов отражающей поверхности*.

Главное зеркало РАТАН-600 (круговой отражатель) состоит из 895 отражающих элементов, расположенных по окружности диаметром около 600 м и имеющих три степени свободы: перемещение в радиальном направлении, азимутальное и угломестное вращения. Дополнительное зеркало (плоский отражатель) состоит из 124 элементов с одной степенью свободы — угломестным перемещением.

Каждый из элементов оснащен приводами по соответствующей управляемой координате, работающими в релейном режиме, электроавтоматикой включения и реверса приводов, цепями аварийной защиты, датчиками положения.

Система автоматизации управления антенной должна обеспечивать возможность решения всего комплекса задач от ввода формальных или содержательных заданий на наблюдение до реализации наблюдательного режима путем управления множеством координат элементов в соответствии с принятыми алгоритмами управления.

Задачи, решаемые системой управления, естественно, подразделяются на несколько уровней, отличающихся степенью детализации алгоритма управления.

Соответствующая этому наблюдению иерархия связей и основная структура размещения оборудования изображены на рис. 1. Здесь $H1 \dots H9$ — так называемые периферийные узлы управления, расположенные по периферии кругового отражателя; $И1 \dots И895$ — элементы главного зеркала; $G1$ и $G2$ — центральные узлы управления (промежуточный центр); $M1 \dots M9$ — радиальные связи центральных узлов и периферийных; GM и GM' — главные магистрали связи центра управления с центральными узлами; $C1 \dots C124$ — элементы плоского отражателя.

* Хайкин С. Э., Кайдановский Н. Л., Парийский Ю. Н., Есепкина Н. А. Радиотелескоп РАТАН-600.— *Известия ГАО в Пулкове*, 1972, № 188.