

Предусмотрены широкие возможности наращивания каналов тестирования комплекса КАДИС за счет параллельного подключения ряда БК. Одновременно могут быть задействованы до 32 БК.

Синхронизация БК производится тактовыми импульсами от ОИ либо от внутреннего генератора, пуск и останов — либо по сигналу пользователя, либо при повторении заданное число раз на восьмиразрядном входе управления заданного кода. Обеспечена также возможность задержки пуска/останова относительно моментов наступления указанных событий на  $1-2^{14}$  тактов, либо опережения пуска на  $1-2^{10}$  тактов.

В работе комплекса выделяются два этапа: подготовительный и исполнительный. На подготовительном этапе осуществляется настройка комплекса на решение конкретной задачи, куда входят описание конфигурации аппаратной части, ввод тестов, планирование процедуры тестирования и задание алгоритма преобразования зарегистрированных данных. На основании программы, введенной пользователем, ЭВМ формирует управляющие данные БК и контроллеров, а также тесты с учетом конкретной конфигурации системы. На исполнительном этапе выполняется собственно тестирование: передача тестовых воздействий и прием ответных реакций, а также обработка зарегистрированных данных и вывод результатов тестирования. При этом алгоритм работы комплекса следующий. ЭВМ настраивает контроллеры на режим ЗАГРУЗКА. Контроллеры пересылают управляющие и тестовые данные из ОЗУ в БК. После окончания загрузки всех БК ЭВМ передает сигналы ПУСК, которые транслируются контроллерами в БК. В результате БК переходят в автономный режим работы и производят обмен информацией с ОИ в реальном масштабе времени. По завершении выполнения программы ЭВМ настраивает контроллеры на режим ЧТЕНИЕ. Под управлением контроллеров зарегистрированные данные передаются в ОЗУ, и ЭВМ приступает к их обработке. Результаты тестирования в форме, удобной для пользователя, выводятся на экран дисплея. Предусмотрена возможность протоколирования результатов испытаний на устройстве печати.

Разработанная структура как аппаратной части, так и программного обеспечения является открытой, что в сочетании с имеющимися средствами изменения конфигурации, широкими функциональными возможностями и простотой использования делает комплекс КАДИС удобным и эффективным инструментом автоматизированного тестирования цифровых устройств различных функциональных уровней.

Поступила в редакцию 22.02.88

□ □

### **НАСТОЛЬНЫЕ ТЕСТЕРЫ ДЛЯ ПОЭЛЕМЕНТНОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ**

**Н. П. Байда, В. И. Месюра, кандидаты техн. наук, А. М. Роиц**

**В** области производства автоматизированных систем диагностики (АСД) печатных узлов (ПУ) радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) наблюдаются две основные тенденции: создание универсальных дорогостоящих систем структурного диагностирования (функционального тестирования) ПУ и разработка на основе принципов поэлементного диагностирования (внутрисхемного контроля) так называемых анализаторов производственных дефектов (АПД), обеспечивающих обнаружение дефектов ПУ из множества  $Q = \{c, o, u, d, t\}$ , где  $c$  — короткие замыкания,  $o$  — обрывы;  $u$  — не-

верная ориентация электрорадиоэлемента (ЭРЭ);  $d$  — выход параметра ЭРЭ за пределы допуска;  $t$  — монтаж ЭРЭ другого типа [1].

Дефекты множества  $Q$  составляют от 80 до 95% всех дефектов ПУ, поступающих на контроль непосредственно с этапа сборки. Основной особенностью производственных дефектов является то, что большинство из них может быть обнаружено с использованием относительно простых технических средств путем измерения значений импедансов между определенными контрольными точками (КТ) объекта диагностирования (ОД) без проведения сложных функциональных проверок.

Широкое распространение персональных ЭВМ обуславливает возможность создания в настоящее время недорогих технических средств для предварительного контроля, рассчитанных на обнаружение определенных классов дефектов. Набор таких средств может включать в себя коммутационные и измерительные средства, построенные на принципах как структурного, так и поэлементного диагностирования, и входить в состав автоматизированного рабочего места (АРМ) регулировщика РЭА. При этом функции управления аппаратурой, обработки результатов измерения и организации диалога с оператором-регулировщиком РЭА передаются внешней ПЭВМ.

Основными требованиями к настольным тестерам, входящим в состав АРМ регулировщика РЭА, являются: возможность сопряжения со стандартной ПЭВМ (например, ряда ДВК); малые габаритные размеры, простота реализации наряду с высокими метрологическими характеристиками и надежностью; высокое быстродействие; низкая трудоемкость и простота процесса подготовки программ диагностирования; доступность диалога с оператором, обеспечивающая невысокие требования к его квалификации.

На рис. 1 приведена структурная схема АПД, реализованного в виде настольного тестера-приставки к ПЭВМ ДВК-3. Измерительный преобразователь (ИП) предназначен для получения информации о значении таких параметров ЭРЭ, как сопротивление, емкость и индуктивность, в целях обнаружения всех производственных дефектов ПУ.

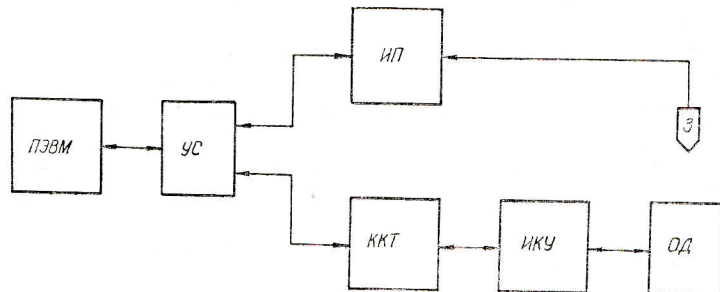


Рис. 1. Структурная схема настольного тестера

Диагностирование осуществляется без подачи на объект рабочего напряжения питания, с уровнем тестовых воздействий не более 200 мВ, чем обеспечивается неповреждающий характер проверок при наличии в ПУ дефектов видов  $c$  и  $o$ . Правильность установки аналоговых и цифровых интегральных схем и многополюсных ЭРЭ контролируется путем измерения параметров их характеристических двухполюсников.

Управление ИП (рис. 2) осуществляется через устройство сопряжения (УС) ПЭВМ ДВК-3, которая определяет форму, амплитуду, знак и частоту возмущающего воздействия  $I_0$ , формируемого генератором тестовых сигналов (ГТС), диапазон измерения посредством выбора номинальных значений параметров образцовых элементов  $Z_{01}$ ,  $Z_{02}$  и управляет работой узла выделения информативного сигнала (УВС), аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и коммутатора направлений (КН). Объект диагностирования к измерительной цепи подключается через игольчатое контактное устройство (ИКУ)

и коммутатор контрольных точек (ККТ), которые на рис. 2 условно показаны через разъемные соединения  $S, I, G$ .

Работа ИП основана на принципе потенциального разделения, предусматривающего преобразование ОД в цепь типа «треугольник», ветви которого образованы измеряемой характеристикой  $Z_x$  и характеристиками  $Z_1, Z_2$  шунтирующих элементов диагностируемого ПУ. При

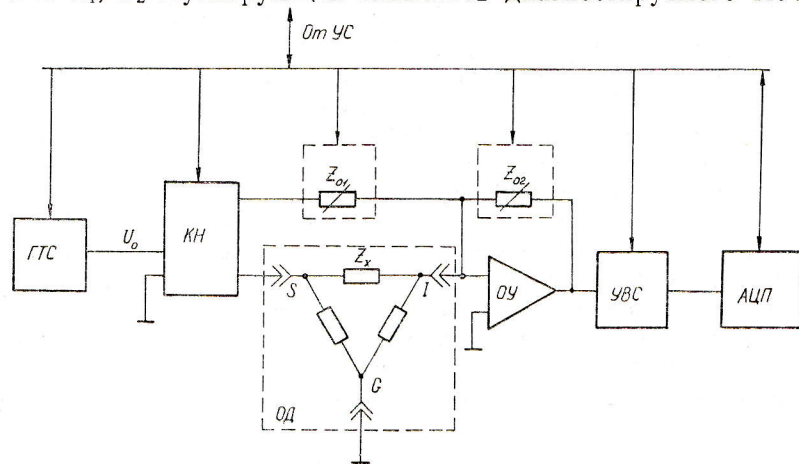


Рис. 2. Структурная схема ИП

этом общая точка шунтирующих элементов заземляется [2.] Особенностью ИП является возможность алгоритмической коррекции систематических аддитивной и мультипликативной составляющих погрешности измерения методом образцовых мер.

Математическую модель измерительного канала можно представить в виде

$$F(Z_x) = -\frac{\dot{U}_0 Z_{02}}{Z_x} \frac{K(\omega) \beta(\omega)}{K(\omega) \beta(\omega) + 1} a_1 a_2 + b_0 a_1 a_2 + b_1 a_2 + b_2, \quad (1)$$

где  $K(\omega)$  — коэффициент усиления операционного усилителя (ОУ) без обратной связи на частоте тестового воздействия  $\omega$ ;  $\beta(\omega)$  — коэффициент обратной связи;  $a_1, a_2$  — крутизна преобразования соответственно УВС и АЦП;  $b_0, b_1, b_2$  — смещение нуля соответственно ОУ, УВС и АЦП.

В модели (1) слагаемое  $b_{\Sigma} = b_0 a_1 a_2 + b_1 a_2 + b_2$  представляет собой аддитивную составляющую погрешности измерения, исключить которую можно исходя из того факта, что ее знак при смене знака тестового воздействия остается неизменным. Тогда для двух измерений при разнополярном воздействии  $F^-(Z_x)$  и  $F^+(Z_x)$  будет справедливо выражение

$$F^-(Z_x) - F^+(Z_x) = \frac{2 \dot{U}_0 Z_{02}}{Z_x} \frac{K(\omega) \beta(\omega)}{K(\omega) \beta(\omega) + 1} a_1 a_2. \quad (2)$$

Множитель  $K(\omega) \beta(\omega) / [K(\omega) \beta(\omega) + 1]$  определяет мультипликативную погрешность измерения. Исключить эту погрешность можно, используя метод образцовых мер, для чего аналогично измеряют параметр образцового элемента  $Z_{01}$

$$F^-(Z_{01}) - F^+(Z_{01}) = \frac{2 \dot{U}_0 Z_{02}}{Z_{01}} \frac{K(\omega) \beta_0(\omega)}{K(\omega) \beta_0(\omega) + 1} a_1 a_2. \quad (3)$$

При условии, что  $\beta(\omega) = \beta_0(\omega)$ , в отношении выражений (2) и (3) будет отсутствовать мультипликативная составляющая погрешности

$$\frac{F^-(Z_{01}) - F^+(Z_{01})}{F^-(Z_x) - F^+(Z_x)} = \frac{Z_x}{Z_{01}}. \quad (4)$$

Условие равенства коэффициентов обратной связи ОУ обеспечивается КН, который осуществляет коммутацию в двух режимах: в одном при измерении параметра  $Z_x$  заземляется образцовый элемент с характеристикой  $Z_{01}$ , во втором при измерении параметра  $Z_{01}$  заземляется элемент с характеристикой  $Z_x$  [3]. При этом

$$\beta(\omega) = \beta_0(\omega) = (1 + Z_{02} / Z_{01} \| Z_x \| Z_2 \| r_{вх})^{-1},$$

где  $r_{вх}$  — входное сопротивление ОУ.

Реализация выражения (4) осуществляется ПЭВМ ДВК-3.

Зонд (3) соединяется с одной из измерительных шин ИП, что обеспечивает оператору доступ к любой контрольной точке (КТ) ОД в режиме автоматизированной подготовки программ диагностирования либо при идентификации дефекта.

Особенностями коммутатора контрольных точек (ККТ) являются его полнодоступность и отказоустойчивость при коэффициенте избыточности дефектов  $Q=2,1 \div 2,3$ , которыми обусловлена возможность работы тестера в режимах самообучения и самоконтроля процесса подключения ОД к средствам диагностирования, а также функционирования его при отказах отдельных игл контактного устройства.

При разработке алгоритмов поиска производственных дефектов и решении задач автоматизации подготовки программ диагностирования для настольного тестера использована математическая модель ПУ РЭА в виде сети  $H = \{M, K, L\}$ , где  $M$  — множество полюсов сети монтажных площадок ПУ;  $K$  — множество компонентов (ЭРЭ или фрагментов схемы);  $L = L_1 \cup L_2$  — матрица связей ( $L_1$  — между полюсами,  $L_2$  — между полюсами и компонентами).

Каждый компонент сети обладает совокупностью свойств (признаков)  $\{K_{ij}\} = \overline{1, 5}$ , где  $K_{i1}$  — тип компонента;  $K_{i2}$  — порядковый номер;  $K_{i3}$  — выбранный диагностический параметр;  $K_{i4}$  — номинальное значение диагностического параметра;  $K_{i5}$  — величина поля допуска.

Каждая монтажная площадка ПУ, к которой подключен ККТ тестера, является КТ, отображаемой соответствующим элементом множества  $B$  КТ ОД. Таким образом, подмножество  $B \subseteq M$  полюсов сети  $H$  отображает результаты коммутации ОД, что позволяет, в частности, рассматривать в сети множество неисправностей, соответствующих дефектам вида «обрыв проводника» ( $O_1$ ) и «отсутствие контактирования» ( $O_2$ ), причем  $O = \{O_1, O_2\}$ .

Возможность разграничения дефектов вида  $O_1$  и  $O_2$  способствовала практическому устранению в тестере присущих системам поэлементного диагностирования недостатков, связанных с использованием сложного контактного устройства.

Учет в математических моделях ОД кажущихся коротких замыканий позволил разработать оптимизированные по производительности алгоритмы поиска коротких замыканий и сократить общее время диагностирования ПУ.

Режим самообучения реализуется на основе автоматизированного описания эталонного узла РЭА и автоматического определения значений его контролируемых параметров. При этом обеспечивается возможность произвольной нумерации полюсов сети  $H$  (произвольной раскладки адаптера контактного устройства без каких-либо заранее подготовленных таблиц), автоматического формирования матрицы  $L_1$  и автоматизированного формирования матрицы  $L_2$ , которое осуществляется с помощью зонда, последовательно устанавливаемого оператором на выводы каждого ЭРЭ. Трудоемкость подготовки программ диагностирования в режиме самообучения не превышает 40 чел-ч на один ПУ.

При создании тестера на базе ПЭВМ ДВК-3 в состав программного обеспечения может быть включена подсистема вывода диагностической информации в графической форме на экран дисплея ПЭВМ в виде изображения сборочного чертежа объекта с выделенным цветом

местом расположения обнаруженного дефекта, что позволяет на 10—20% снизить трудоемкость процесса его устранения.

Описываемый настольный тестер оснащен контактным устройством с ручным прижимом, обеспечивающим контактирование с 256 КТ ОД. Объем памяти, занимаемый специальной операционной системой, управляющей процессом контроля, не превышает 3К слов, а программами диагностирования отдельных ПУ—1—2К слов, в связи с чем они могут быть прошиты в постоянном запоминающем устройстве тестера. Время контроля одного ПУ 35—40 с. Стоимость тестера без ПЭВМ и источников питания составляет 15—20 тыс. руб. Тестер введен в Центральном конструкторском бюро информационной техники (Винница).

1. Байда Н. П., Кузьмин И. В., Шпилевой В. Т. Микропроцессорные системы поэтапного диагностирования РЭА.— М., 1987.

2. Мартяшин А. И., Орлова Л. В., Шлядин В. М. Преобразователи параметров многополюсных электрических цепей.— М., 1981.

3. А. с. 1318932 СССР, МКИ С 01 Р 27/02. Устройство для измерения параметров  $R_x C_x$ -двухполюсников, входящих в состав замкнутой электрической цепи / Байда Н. П., Месюра В. И., Роик А. М., Шпилевой В. Т. // Открытия. Изобретения.— 1987.— № 23.

Поступила в редакцию 15.01.88

□ □

## МОДУЛЬ СВЯЗИ С СИСТЕМОЙ КАМАК ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ПЭВМ ЕС ЭВМ

В. Н. Чинок

При создании автоматизированных рабочих мест экспериментатора (АРМЭ) на базе персональных ЭВМ возникает проблема оснащения последних устройствами связи с объектом (УСО). Возможны два подхода к решению этой проблемы. Первый заключается в разработке непосредственно УСО, ориентированных на интерфейс и конструктив конкретной персональной ЭВМ. Второй предполагает разработку устройств сопряжения интерфейсов персональных ЭВМ с существующими унифицированными системами УСО.

Реализация первого подхода целесообразна при построении простейших и малых АРМЭ, характеризующихся небольшим количеством каналов измерения-управления и малой интенсивностью потоков входных-выходных данных. Обычно для их построения достаточно одной однопроцессорной магистрали со сравнительно простым протоколом и одного-двух каркасов для установки УСО.

Для создания АРМЭ большей сложности целесообразно применять второй подход. При выборе существующей унифицированной системы УСО необходимо учитывать ее функциональные возможности, широту номенклатуры серийно выпускаемых УСО и ряд других факторов, одним из которых является преемственность УСО.

Наибольшее распространение в нашей стране в области автоматизации научных исследований получила унифицированная система КАМАК (ГОСТ 26.201—80). Большинство информационно-вычислительных комплексов на базе мини- и микроЭВМ, выпускаемых промышленностью СССР и социалистических стран, комплектуется аппаратурой КАМАК. К таким комплексам следует отнести ИВК-3 на базе мини-ЭВМ СМ-4; МЕРА-60 (ПНР) и ЦЛАНП (НРБ) на базе микроЭВМ «Электроника-60»; МЕРА-660 (ПНР) на базе микроЭВМ «Электроника НЦ-80».

Создание базовых и проблемно-ориентированных комплексов на основе аппаратуры КАМАК предусмотрено Комплексной программой научно-технического прогресса стран — членов СЭВ на период до 2000