

АНАЛИЗАТОРЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ДЕФЕКТОВ

В.И.Месюра, И.Н.Котов, А.М.Роик, Э.М.Калашников

В связи с непрерывным ростом функциональной и структурной сложности радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), все большее значение приобретают вопросы автоматизации операций контроля и диагностирования, осуществляемые непосредственно при ее производстве, на выполнении которых заняты в настоящее время до 30% рабочих соответствующих промышленных предприятий. Важность автоматизации контроля качества продукции на самых ранних стадиях производства обуславливается также и тем, что затраты на обнаружение и устранение неисправности возрастают на каждом последующем этапе технологического процесса производства РЭА в среднем на порядок.

Основными объектами производственного контроля РЭА являются конструктивно законченные узлы современной микропроцессорной аппаратуры, поступающие на контроль непосредственно с этапа сборки, что обуславливает такие их особенности как низкая вероятность работоспособности, высокая кратность дефектов, значительное число дефектов топологии. Указанные особенности затрудняют использование для целей производственного контроля большинства традиционных методов и средств технической диагностики. В этих условиях все более широкое применение находят автоматизированные системы поэлементного диагностирования (внутрисхемного контроля), обеспечивающие высокую вероятность обнаружения множества производственных дефектов L^n , включающих дефекты вида: короткое замыкание, обрыв, неверная ориентация, ошибочная установка и пропуск электрорадиоэлементов (ЭРЭ), которые возникают на этапе сборки узлов РЭА и составляют 70-90% от общего количества их дефектов.

Однако, существующие методы, алгоритмы и средства поэлементного диагностирования имеют ряд существенных недостатков и ограничений, таких как недостаточная достоверность результатов контроля, обусловленная низкой надежностью игольчатых контактных устройств (ИКУ), значительная трудоемкость разработки программ диагностирования и изготовления контактных устройств, высокая сложность и стоимость измерительной аппаратуры, а также отсутствие возможности обнаружения дефектов функционирования узлов РЭА, обеспечиваемой при использовании систем структурного

диагностирования (функционального тестирования).

В докладе рассмотрены вопросы рационального сочетания поэлементного и структурного подходов к диагностированию сложных гибридных узлов (ГУ) РЭА, содержащих как аналоговые, так и цифровые ЭРЭ, и создания анализатора производственных дефектов (АПД), основанного на принципах поэлементного диагностирования и сочетающего свойство быстрого обнаружения производственных дефектов со свойствами самообучения и адаптации к объекту диагностирования (ОД) [1].

При разработке алгоритмов поиска дефектов и самообучения АПД использовались графовые модели, наиболее полно отражающие особенности объекта с точки зрения реализации процедуры поэлементного диагностирования. В качестве обобщенной модели ГУ РЭА использовалась сетевая модель вида:

$$\Gamma = (N, K, A, Z),$$

где N - множество полюсов сети, представляющих множество монтажных площадок ГУ (включая ламели торцевого разъема); K - множество элементов сети, представляющих множество ЭРЭ ГУ; A - множество проводников ГУ, представленное таблицей связей сети; Z - таблица подключений, задающая отношение инцидентности между элементами множеств N и K .

Каждая монтажная площадка ОД, к которой осуществлено подключение контактных игл ИКУ, становится контрольной точкой (КТ), отображаемой соответствующим элементом множества V КТ ГУ. Таким образом, подмножество $V \subseteq N$ полюсов сети Γ отображает результаты коммутации ОД и позволяет, наряду с множеством неисправностей класса L^n , рассматривать в сети Γ и множество L^k неисправностей, соответствующих дефектам контактирования (дефектам игл контактного поля ИКУ). При этом обеспечивается определение реального множества $V_p \subset V$ внутренних полюсов сети Γ (КТ ОД к которым имеется доступ через контактные иглы), автоматическое исключение из числа КТ множества полюсов $V^p = V \setminus V_p$ и корректировка тестов, позволяющая осуществить диагностирование ГУ на подмножестве V_p КТ ОД.

В режиме самообучения АПД осуществляется автоматизированное описание эталонного узла РЭА (получение сетевой модели Γ) и автоматическое формирование программы диагностирования, получаемой путем автоматического определения значений контролируемых параметров эталона. При этом обеспечивается возможность произвольной нумерации полюсов сети Γ , автоматического формирования таблицы A связей и автоматизированного получения таблицы Z подклю-

чений, осуществляемого с помощью специального зонда, устанавливаемого оператором на выводы каждого ЭРЭ ГУ.

При разработке алгоритмов поиска производственных дефектов использовано многоуровневое представление ОД, обеспечивающее наряду с полным представлением всех существенных параметров ОД, значительное упрощение используемых моделей за счет абстрагирования от всех несущественных на данном уровне детализации параметров ОД.

В качестве уровней детализации использовались уровни обнаружения обрывов, коротких замыканий и ошибок установки ЭРЭ. Высокая эффективность обнаружения производственных дефектов в АПЦ достигнута за счет учета в моделях ГУ РЭА кажущихся коротких замыканий I-го и 2-го рода [2], кажущихся обрывов, представления многополюсных ЭРЭ подмножествами их характеристических двухполюсников. Особенностью использованных в АПЦ методов и алгоритмов поиска производственных дефектов является их высокая производительность и обеспечение неповреждающего характера проверок.

Для реализации разработанных методов и алгоритмов самообучения и поиска производственных дефектов в АПЦ впервые предложен ряд новых технических решений, таких как полнодоступное отказоустойчивое коммутирующее устройство, блок зондирования и контроля топологии, устройство измерения, отличающееся повышенными метрологическими характеристиками.

Разработанный АПЦ обеспечивает контроль ОД, включающих до 1024 КТ. Максимальное время контроля практически не зависит от количества дефектов в ОД и не превышает (включая время установки на ИКУ) 25-30 с. Общее время подготовки и отладки оптимизированных по производительности программ диагностирования ГУ РЭА не превышает 35 - 40 ч/часов.

Литература

1. Кузьмин И.В., Байда Н.П., Месюра В.И. Оценка эффективности анализаторов производственных дефектов. - Киев, 1986. - 32с. Рукопись депонирована в УкрНИИТИ, № 2311-Ук86.

2. Байда Н.П., Месюра В.И. Обнаружение коротких замыканий при поэлементном диагностировании узлов РЭА / Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции "Методы и средства борьбы с помехами в цифровой технике", секция "Применение ЭВМ в проектировании электронной аппаратуры". - Каунас, 1986, с.75-76.

ОРГАНИЗАЦИЯ САМОКОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА КОММУТАЦИИ В СИСТЕМАХ ПОЭЛЕМЕНТНОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

В.И.Месюра, Т.М.Болотова, Г.К.Крупская

Одним из условий реализации метода поэлементного диагностирования узлов РЭА является необходимость использования сложных игольчатых контактных устройств (ИКУ), насчитывающих до нескольких тысяч игольчатых контактных штырей, отдельные из которых, в процессе коммутации объекта диагностирования (ОД) могут не обеспечивать контакта с его монтажными площадками, что приводит к снижению достоверности результатов контроля, необходимости неоднократного повторения тестирования одного и того же объекта, и порой является причиной отказа от использования систем поэлементного диагностирования (СПД)

Указанная проблема может быть решена путем разработки специальных аппаратных средств (полнодоступного отказоустойчивого коммутирующего устройства) и алгоритмов самоконтроля процесса подключения объекта к средствам поэлементного диагностирования. При этом, при контроле каждого нового ОД, обеспечивается определение реального множества B_p его контрольных точек (КТ), к которым имеется доступ через контактные штыри, автоматическое исключение из эталонного множества B_g КТ подмножества $KT_{B_g} = B_g \setminus B_p$, и обеспечение, путем соответствующей автоматической коррекции программы диагностирования, контроля ОД на подмножестве B_p его контрольных точек.

При разработке алгоритмов самоконтроля процесса коммутации объекта необходимо обеспечить возможности обнаружения и разграничения дефектов из множества Λ^{OK} , включающего в общем случае три основных подмножества дефектов:

$$\Lambda^{OK} = \{ \Lambda^{O1}, \Lambda^{O2}, \Lambda^K \},$$

где Λ^{O1} - множество обрывов проводников ГУ; Λ^{O2} - множество обрывов выводов электрорадиоэлементов (ЭРЭ); Λ^K - множество кажущихся обрывов (отсутствие контактирования между иглами ИКУ и соответствующими монтажными площадками ОД).

При этом удобно представить ОД в виде гиперграфа $\mathcal{H}_1 = [(X_1, \mathcal{A}_1), (L_1, B_1)]$, множество X_1 вершин которого представляет множество ЭРЭ ГУ, а каждое ребро $l_{ij} \in L_1$ - проводник ГУ, объединяющий соответствующее подмножество ЭРЭ. Каждой вершине $x_{ii} \in X_1$ соответствует вес $a_{ii} \in \mathcal{A}_1$, а каждому ребру $l_{ij} \in L_1$