

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

М. А. КАРАПЕТЯН

МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ ДИАГНОСТИКИ  
НЕИСПРАВНОСТЕЙ В КВАЗИОДНОРОДНЫХ СТРУКТУРАХ

Вопросам технической диагностики радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) и вычислительных структур (ВС) посвящено достаточно большое количество работ, где предложены либо логические, либо тестовые и программные методы контроля [1, 2]. В [3, 4] предложен подход, позволяющий оптимизировать процедуру поиска и локализации неисправностей РЭА и ВС, отнесенных к классу однородных регулярных структур (ОРС). Несмотря на это, арсенал методов формализации и моделирования, описывающих процессы технической диагностики, еще не охватывают все разнообразие и специфику решаемых при этом задач. Например, не всегда учитываются конструктивные и структурные особенности РЭА или ВС. Целью настоящей работы является построение модели проверки и разработка методики контроля неисправностей РЭА и ВС, отнесенных к классу квазиоднородных регулярных структур (КОРС), исходя из их структурно-конструктивных особенностей.

Состояние элементов (работоспособное, неработоспособное) (КОРС) характеризуется в виде совокупности нижеприведенных определений и формализованного описания.

Определения и формализованная классификация фрагмента (модуля) РЭА (ВС) и состояние элементов в данной работе построены на основе математической теории частично упорядоченных систем, теории технической диагностики [1] и модели контроля ОРС, которая разработана, исходя из «обобщенного принципа местного влияния» [4, 5].

*Определение 1.* Элемент  $m_i$  фрагмента КОРС находится в бинарной связи  $B$  с элементом  $m_j$  из множества элементов  $M$  данного фрагмента, если  $(m_i, m_j) \in B$ ,  $B \subset M$ ,  $m_i \in M$ ,  $m_j \in M$ .

Бинарная связь  $B$  может быть задана в виде окрестности единичного радиуса  $O_{m_i}$  ( $O_{m_j}$ ), как множество элементов  $m_j$ ,  $j = 1, n$   $\{m_j\} \in M$  таких, что  $(m_i, \{m_j\}) \in B$ .

*Определение 2.* Границей действия окрестности единичного радиуса  $O_{m_i}$  элемента  $m_j$  назовем минимальное значение приращения  $\Delta(F_{m_j})$  определяющего параметра  $F_{m_j}$ , которое вносит в суммарное

значение параметра  $\sum F_{m_i}$  в точке размещения элемента  $m_i$  и определяется метрологической надежностью системой контроля параметра  $F$ .

*Определение 3.* Характерным элементом из множества  $M$  на очередном шаге алгоритма поиска и локализации неисправностей КОРС назовем элемент  $m_{x_i}$ ,  $m_{x_i} \in M$ . Измеренное значение определяющего параметра  $F_{m_{x_i}}^{(n)}$  позволяет оценить состояние наибольшего количества элементов множества  $\{m_j\}_{m_{x_i}}$  окрестности единичного радиуса из подмножества  $M_{n_i}$  непроверенных элементов  $m_q$  множества  $M$ ,  $m_q \in M_{n_i}$ ,  $M_{n_i} \subset M$ .

*Определение 4.* Порядком квазиоднородности фрагмента РЭА (ВС) назовем характеристику  $L$ , определяемую как множество окрестностей единичного радиуса  $O_{m_{x_i}}$   $i = 1, L$ , которые взяты для всех характерных элементов  $m_{x_i}$  множества  $M$ .

При известных бинарных связях  $B$  параметр  $L$  определяется как фактор-множество  $M/B$  множества  $M$  по отношению  $B$ :

$$m_{x_1} \dots m_{x_l} \dots m_{x_L};$$

$$\{m_j\}_1 \dots \{m_j\}_l \dots \{m_j\}_L.$$

Фактор-множество  $L(M/B)$  для фрагмента КОРС представим в виде двухстрочной матрицы, в первой строке которой перечислены характерные элементы  $m_{x_i}$  множества  $M$ , а во второй — окрестности  $O_{m_{x_i}} = \{m_j\}_i$ .

Вырожденным характерным элементом  $m_{x_i}$  назовем элемент  $m_{x_r}$ , окрестность единичного радиуса которого является пустым множеством по определяющему параметру  $F$ :

$$O_{m_{x_r}} = \{m_j\}_{m_{x_r}} = \emptyset,$$

где  $\emptyset$  — символ пустого множества.

*Определение 5.* Состояние любого функционального элемента фрагмента КОРС, исходя из «принципа однозначности» [5], должен оцениваться единственным обобщенным показателем  $F$ .

Для каждого элемента  $m_i$  КОРС (априорно или опостериорно) известны номинальное (эталонное) значение обобщенного определяющего параметра  $F_{m_i}^{(n)}$ , а также способ измерения этого параметра.

Обобщенный показатель  $F$  по существу может являться обобщенным  $n$ -мерным вектором, компонентами которого являются значения  $n$  определяющих функций  $F_f$ ,  $f = 1, n$ .

Одновременно состояние КОРС характеризуют векторы входных  $X = \{x_i\}$ ,  $i = 1, m$  и внутренних параметров  $Y = \{y_j\}$ ,  $j = 1, k$ .

**Определение 6.** Элементы  $m_i$  могут находиться в трех взаимоисключающих и различных состояниях  $S_i$  (работоспособное, отказовое, предотказовое), Отказовое и предотказовое состояния элемента  $m_i$  обозначим символом  $\bar{S}_i$ , причем  $S_i \in S$ ,  $\bar{S}_i \subset S$ .

Элемент  $m_i$  считается неисправным, либо частично неисправным,  $m_i \in \bar{S}_i$  (состояние  $\bar{S}_i$ ), если при номинальных исходных данных значение обобщенного контролируемого параметра отличается от номинального (эталонного) значения для данного элемента на величину  $\delta(F_{m_i}) \geq \delta(F_{m_i})_{\text{доп}}$ .

В соответствии с этим предотказовое состояние элемента  $m_i$  соответствует значению  $\delta(F_{m_i})$ , равному допустимому отклонению  $\delta(F_{m_i})_{\text{доп}}$  параметра  $F_{m_i}$ , при котором элемент  $m_i$  находится еще в работоспособном состоянии.

В соответствии с вышеприведенной формализацией работоспособное состояние КОРС характеризуется вектором определяющего параметра  $F = \{F_j\}$  допусковой области  $D(F)$ , нахождение которого в пределах  $F \in D(F)$  соответствует модели исправного состояния КОРС. Тогда на основании [1] модель неисправного состояния КОРС можно представить в виде следующей записи:

$$F \in \bar{S}_i \in D(F) = \varphi_{S_i}(X, Y_0, t, L(M/B), \{m_{xi}\}, O_r, M).$$

Символическая запись  $\varphi$  является моделью  $S_i$ -неисправного состояния КОРС. Поскольку состояние элементов КОРС есть функция времени, то в записи  $\varphi$  введен параметр времени  $t$ .

При использовании такой модели состояния элементов КОРС процедуру контроля можно построить с учетом особенностей структуры контролируемого фрагмента КОРС. Тогда задачу оптимизации диагностики КОРС можно сформулировать следующим образом.

В качестве исходных данных заданы:

— множество состояний КОРС  $S = \{S_i\}$ . Неработоспособные состояния  $\bar{S}_i$  разбиты на классы неисправностей  $\bar{S}_q \subset \bar{S}_i$  по группам одиночных и кратных отказов на основе значений функций погрешности  $\delta(F_{m_{xi}})$  в характерной точке  $m_{xi}$ ;

— каждая группа отказовых состояний  $\bar{S}_q$  в свою очередь классифицирована по погрешности  $\delta(F_{m_j})$  для каждого элемента множества  $\{m_j\}$ , входящего в окружность единичного радиуса  $O_{m_{xi}}$ , либо по суммарному значению кратных отказов элементов  $m_j$

$$\delta_z = \sum_{j=1}^n \delta(F_{m_j}),$$

где  $n$  — кратность ошибок (отказов элементов);

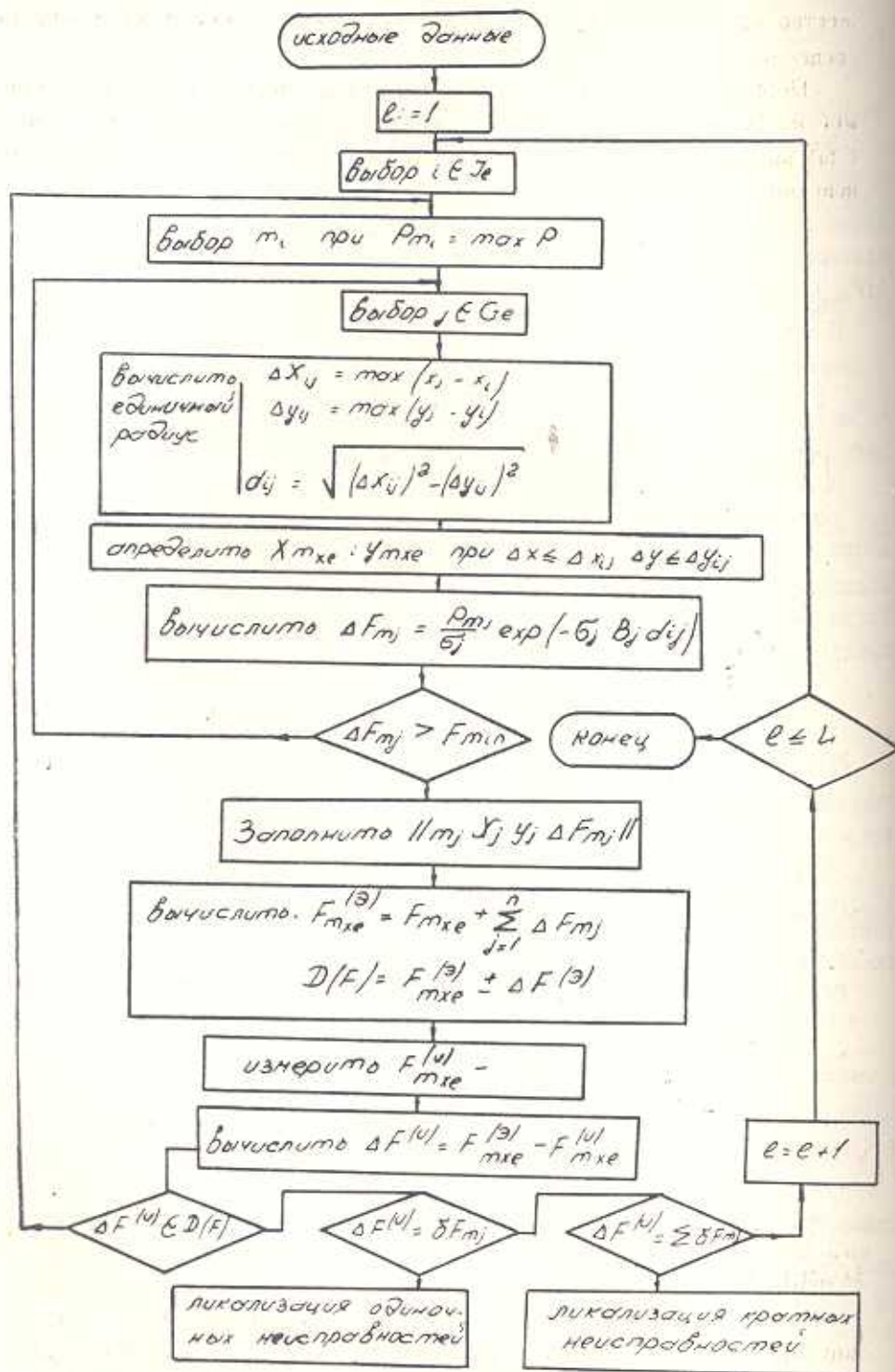


Рис. 1.

— множество алгоритмов  $A = \{A_i\}$  таково, что каждое подмножество алгоритмов  $A_R = \{A_r\} \subset A$  охватывает некую группу неработоспособных состояний КОРС.

Необходимо выбрать такой алгоритм-диспетчер и набор алгоритмов из подмножеств  $A_R$ , чтобы минимизировать затраты некоторого  $C(a)$  вида на выполнение  $i$ -го алгоритма контроля и локализации неисправностей КОРС.

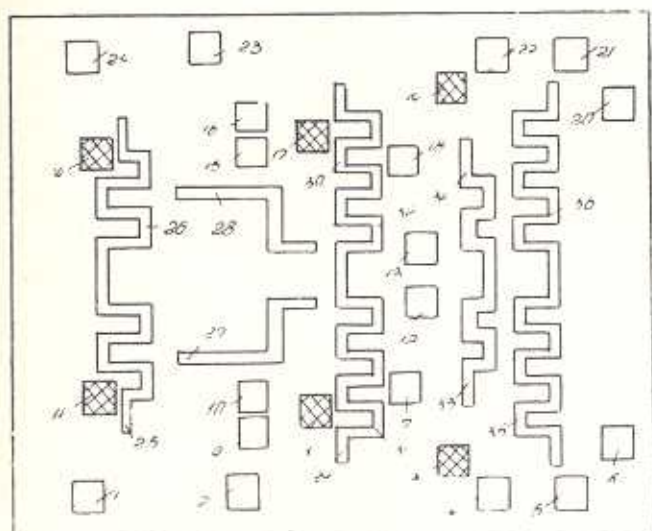


Рис. 2.

Изложенное реализуется как многоуровневая иерархическая задача оптимизации, состоящая из следующих этапов:

на первом этапе осуществляется поиск характерного элемента  $m_{x1}$ , на втором — поиск окрестности единичного радиуса  $O_{m_{x1}}$ , на третьем — классификация неисправностей по значениям функции  $\delta F$ , а на четвертом — поиск и локализация одиночных (кратных) неисправностей в окрестности  $O_{m_{x1}}$  с помощью алгоритмов подмножества  $A_R$ .

На рис. 1 приведена блок-схема алгоритма диагностирования КОРС, которая является базовым алгоритмом в иерархической системе алгоритмов поиска и локализации одиночных и кратных неисправностей.

Проверка предложенной модели проводилась для КОРС, состоящей из двух одинаковых диодно-транзисторных схем с общим числом элементов, равным 36.

На рис. 2 приведен эскиз топологии указанной КОРС, а в таблице представлены значения функций  $E_{n_i}$  и  $\delta F(n_i)$  для трех характерных элементов (элементы № 3, 8, 11), моделирование которых позволяет судить о состоянии элементов одной схемы.

Укажем, что приведенный пример иллюстрирует возможности предложенной модели, но не раскрывает разнообразия возможных вариантов проявления одиночных и кратных отказов.

Таблица

Результаты моделирования значений  $F_{m_j}$ ,  $\Delta F(m_j)$  в КОРС

| №№ | 1    | 2    | 3    | 7    | 8   | 9    | 10   | 11  | 25   | 27  | 29   | 31   | 33  | 35   |
|----|------|------|------|------|-----|------|------|-----|------|-----|------|------|-----|------|
| 1  | 4,2  |      |      |      |     |      |      |     | 0,65 | 0,5 |      |      |     | 0    |
| 2  |      | 0,6  |      |      |     |      |      |     |      |     |      |      |     |      |
| 3  |      |      | 0,65 | 0,3  |     |      |      |     |      | 0,8 | 0,12 | 0,21 | 1,2 | 0,18 |
| 4  |      |      |      | 0,65 |     |      |      |     |      |     |      |      |     |      |
| 8  | 0,11 | 0,12 |      |      | 0,8 | 0,1  | 0,3  |     |      | 1,5 | 0,18 | 0,13 | 0,3 |      |
| 9  |      |      |      |      |     | 0,65 |      |     |      |     |      |      |     |      |
| 10 |      |      |      |      |     |      | 0,75 |     |      |     |      |      |     |      |
| 11 | 0,69 |      |      |      |     |      |      | 0,6 | 0,8  |     |      |      |     |      |
| 25 |      |      |      |      |     |      |      |     | 1,3  |     |      |      |     |      |
| 27 |      |      |      |      |     |      |      |     |      | 2,8 |      |      |     |      |
| 29 |      |      |      |      |     |      |      |     |      |     | 0,35 |      |     |      |
| 31 |      |      |      |      |     |      |      |     |      |     |      | 0,35 |     |      |
| 33 |      |      |      |      |     |      |      |     |      |     |      |      | 1,8 |      |
| 35 |      |      |      |      |     |      |      |     |      |     |      |      |     | 0,8  |

Вышеприведенная модель диагностики неисправностей КОРС представляет единую иерархическую систему со строго регламентированной структурой алгоритмов поиска и локализации неисправностей, которая позволяет сократить время поиска неисправностей, примерно, на один порядок по сравнению с способом измерения параметра  $F$  по всем элементам КОРС.

ЕрПИ им. К. Маркса

12. III. 1982

Մ. Ա. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ

**ԱՆՍԱՐՔՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱՆՏՈՐՈՇՄԱՆ ՕՊՏԻՄԻԶԱՑՄԱՆ  
ՄՈԳԵԼԸ ԿԵՂԾ ՀԱՄԱՍԵՌ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՆԵՐՈՒՄ**

Ա մ փ ո փ ու մ

Կեղծ համասեռ կառուցվածքների ախտորոշման պրոցեսը դիտարկվում է կառուցվածքային տեսանկյունից: Որպես հետադրաման օբյեկտ ընտրված են ուղիղ-և հաշվիչ սարքերը: Բերված են հիմնական հասկացությունները և սահմանումները, որոնք բնորոշ են նշված օբյեկտների համար: Ախտորոշման օպտիմիզացման հիմքում ընկած է «տեղական ազդեցության» սկզբունքը և ընդհանրացված պարամետրի սխալի ֆունկցիան:

Առաջարկված է օպերատորային հավասարման տեսքով լուծման ալգորիթմ:

## ЛИТЕРАТУРА

1. Основы технической диагностики /Под ред. П. П. Пархоменко.—М.: Энергия, 1976, кн. 1.— 463 с.
2. Биргер А. Г. Использование отношения пособия между неисправностями при построении проверяющих текстов цифровых устройств.— Автоматика и телемеханика, 1977, № 9, с. 150—157.
3. Карапетян А. М., Оганесян С. Х. Оптимизация задач технической диагностики однородных регулярных структур.— Изв. АН АрмССР (сер. ТН), 1981, т. XXXIV, № 3, с. 47—50.
4. Оганесян С. Х. Организация оптимального поиска неисправностей в ТЭЭ РЭА.— Промышленность Армении, 1981, № 8, с. 27—29.
5. Карапетян А. М. Выбор постулатов и обобщение «принципа местного влияния» в теории конструирования однородных вычислительных структур.— В сб.: МВС, Таганрог, 1979, вып. 1 (X), с. 4—6.