Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XL, № 2, 1987

ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА

Р. М. ТАЦИЯН

ОБ ОДНОМ ВОПРОСЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ С ПРОИЗВОЛЬНОЙ СТРУКТУРОЙ

Сложные системы, состоящие из большого числа взаимозаменяемых модулей и разветвленных коммуникаций, предоставляют возможность автоматического тестирования своих составных частей (самодиагностирование). Обычно методика проверки и соответствующие тесты данного модуля u_i поставляются разработчиком и при этом предполагается достаточно полный охват и глубина диагностирования этого модуля. С системной точки зрения вся совокупность — методика проверки и диагностические тесты (последовательность элементарных проверок) отдельного модуля u_i обычно принимается за один полный тест t_i элемента системы u_i. Таким образом, совокупность любого количества отказов в одном модуле рассматривается как одиночный отказ в системе.

При одновременном появлении нескольких отказов в системе желательно получить максимальную информацию о состоянии системы посредством пропуска тестов для отдельных модулей (устройств). Так как тесты, поставляемые с устройствами, разработаны для одиночных отказов, то при кратных отказах информация, получаемая о прохождении теста, может быть искажена, поскольку устройства, используемые при проведении некоторого теста, в свою очередь могут быть неисправными. В [1] введено предположение о симметричном искажении (СИ) в системе, т. е. предполагается, что тестирование, проведенное исправными устройствами, всегда дает корректные результата, тогда как тестирование, проведенное неисправными устройствами, может давать любые результаты. В [2] введено предположение об асимметричном искажении (АИ) в системе, при котором принимается, что тестирование, проведенное исправными устройствами, всегда дает корректные результаты, а неисправное устройство всегда обнаруживается, даже если устройства, которые могут искажать результаты теста, неисправны.

В [1] была предложена модель, позволяющая описывать системы, состоящие из крупных устройств с большими диагностическими возможностями. Предполагалось, что рассматриваются системы, в которых для проведения теста достаточно одного устройства и каждый тест в свою очередь проверяет одно устройство. В [3] была рассмотрена модель, позволяющая описывать системы, в которых допустимо использование нескольких устройств для проведения теста над одним устройством.

В данной статье предлагается обобщенная диагностическая модель, позволяющая описывать системы, в которых для проведения теста может быть использовано несколько устройств и тест может проводиться над несколькими устройствами. Модель позволяет учитывать оба предположения об искажениях тестов в системе [1, 2]. Получен алгоритм, позволяющий формализовать описание искажений результатов тестирования систем, представляющих обобщенной диагностической моделью. В результате работы алгоритма получается система линейных неравенств, решения которой однозначно соответствуют кратным отказам, приводящим к данному синдрому [1] системы.

Диагностическая модель. Нет необходимости предполагать АИ или СИ для системы в целом. Так как эти предположения касаются организации прохождения теста, то отнесем эти ограничения к тестам. В этой связи будем обозначать t_j^A-тест, проходящий при предположении об АИ, и t_j^C-тест, проходящий при предположении о СИ.

Пусть задана некоторая система S, состоящая из устройств $U = \{u_1, \ldots, u_n\}$ и множество тестов $T = \{t_j^k\}$, $k \in \{A, C\}$, $j \in \{1, \ldots, m\}$. Для каждого $u_i \in U$ существует хотя бы один полный тест $t_j^k \in T$. В системе допускается наличие кратных отказов и поэтому рассматриваются наборы отказов $M^l \in M(U)$ ($M(U)$ — множество подмножеств U. Отказы полагаются постоянными. При этом предлагается представлять систему S посредством диагностического графа $D = (N, E)$, где $N = U \cup T$ — множество вершин, $E = E_1 \cup E_2$ — множество ребер, $E_1 = \{(x, t_j^k)/x \in U(t_j^k)\}$, $E_2 = \{(t_j^k, x)/x \in u(t_j^k)\}$. Под $U(t_j^k)$ понимается множество устройств, которые могут исказить тест t_j^k, а под $u(t_j^k)$ — множество устройств, для которых тест t_j^k полный.

Пример. Рассмотрим систему, состоящую из двух процессоров блока памяти двух шин и внешнего устройства. Шины дуплексные с аппаратным самоконтролем (сравниваются две копии) и обеспечивается синхронизация сигналов (рис. 1). Соответствующий диагностический граф представлен на рис. 2. Каждый из процессоров тестирует один другого (t_1, t_2, t_3, t_4), используя память и одну из шин, память (t_5, t_6, t_7, t_8) и внешнее устройство (t_9, t_{10}, t_{11}, t_{12}). При тестировании внешнего устройства предполагается, что шины полностью проверяются, проводится полный тест шины посредством ее схем самоконтроля (из графа видно, что t_9, t_{10}, t_{11}, t_{12} являются полными как для внешнего устройства, так и для шины). Матрица смежностей $A(D)$ диагностического графа представлена на рис. 3. Единицы в строке t_j^k соответствуют устройствам $u_i \in u(t_j^k)$, а единицы в столбце t_j^k — $u_i \in U(t_j^k)$. Пусть теперь $\bar{y} = \{f(t_j^k)\}$, $j \in \{1, \ldots, m\}$, $k \in \{A, C\}$, где $f(t_j^k) = 0$, если t_j^k проходит (т. е. отказа не обнаружено) и $f(t_j^k) = 1$, если t_j^k не проходит (некоторый синдром системы). Легко убедиться, что для теста $t_j^k \in T$ имеют место следующие соотношения:

$$f(t_j^k) = 1 \Rightarrow (u(t_j^k) \cap M^l) \cup (U(t_j^k) \cap M^l) \neq \varnothing, \ k \in \{A, C\}; \qquad (1)$$

$$f(t_j^A) = 0 \Rightarrow u(t_j^A) \cap M^l = \varnothing; \qquad (2)$$

$$f(t_j^c) = 0 \Rightarrow \text{либо } u(t_j^c) \cap M^i = \varnothing;$$

$$\text{либо } u(t_j^c) \cap M_i \neq \varnothing \text{ и } U(t_j^c) \cap M^i \neq \varnothing. \tag{3}$$

где $M^i \in M(U)$ — набор отказов (кратный отказ), приводящий к заданному синдрому.

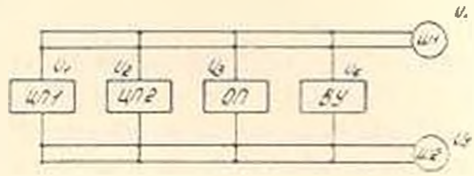

Рис. 1

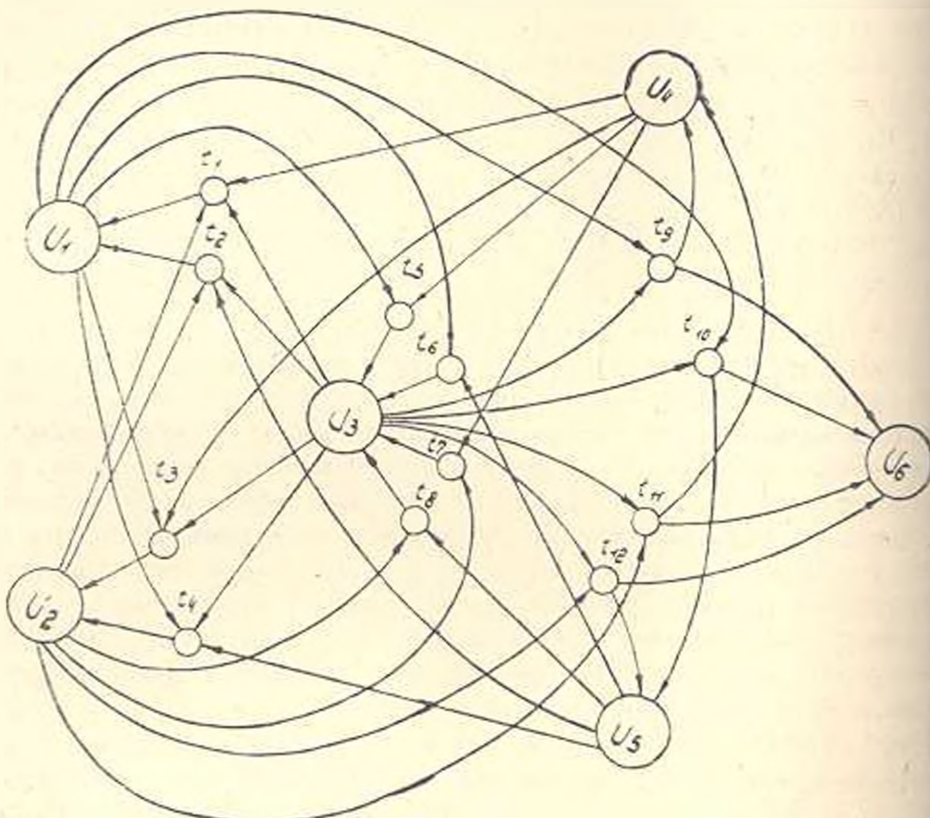

Рис. 2.

Очевидно, что в общем случае более чем одно множество $M^i \subset U$ будет удовлетворять совокупности условий (1) — (3) (по всем компонентам вектора y). Назовем такие подмножества возможными кратными отказами. Одной из задач, на которые распадается проблема диагностирования систем при кратных отказах, является получение формализованного описания условий, которым должны удовлетворять возможные кратные отказы, приводящие к заданному синдрому.

Формализация результатов тестирования. Пусть заданы некоторая система S, матрица смежностей $A(D)$ ее диагностического графа D и некоторый синдром $\bar{y} = \{f(t_j^k)\}$, $k \in \{A, C\}$, $j \in \{1, \dots, m\}$. Пусть $\bar{x}\{x_i\}$, $i \in \{1, \dots, n+m\}$ — $n+m$ — мерный вектор, где $x_i \in \{0,1\}$ для $i \in \{1, \dots, n\}$ и $x_i = 0$ при $i \in \{n+1, \dots, n+m\}$. Пусть $x_i \leftrightarrow u_i$, $i \in \{1, \dots, n\}$ находятся во взаимно-однозначном соответствии и $x_i = 1$ означает, что u_i неисправно, а $x_i = 0$ — u_i исправно.

	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5	u_6	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	t_9	t_{10}	t_{11}	t_{12}
u_1							0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0
u_2							1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1
u_3							1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
u_4							1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
u_5							0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
u_6							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t_1	1	0	0	0	0	0												
t_2	1	0	0	0	0	0												
t_3	0	1	0	0	0	0												
t_4	0	1	0	0	0	0												
t_5	0	0	1	0	0	0												
t_6	0	0	1	0	0	0												
t_7	0	0	1	0	0	0												
t_8	0	0	1	0	0	0												
t_9	0	0	0	1	0	1												
t_{10}	0	0	0	0	1	1												
t_{11}	0	0	0	1	0	1												
t_{12}	0	0	0	0	1	1												

Рис. 3.

В результате выполнения предложенного алгоритма получается следующая система линейных неравенств, решения которой соответствуют возможным кратным отказам:

$$
\begin{cases}
(\bar{x}, C_{n+j}) = 0, \quad f(t_j^A) = 0; \\
|u(t_j^C)| \cdot (\bar{x}, \overline{C_{n+j}}) - (\bar{x}, C_{n+j}) > 0, \quad f(t_j^C) = 0; \\
(\bar{x}, C_{n+j}) + (\bar{x}, \overline{C_{n+j}}) \geq 1, \quad f(t_j^k) = 1, \quad k \in \{A, C\}.
\end{cases}
$$

Здесь приняты следующие обозначения: C_{n+j} — $n+j$-ая вектор-строка матрицы $A(D)$; $\overline{C_{n+j}}$ — $n+j$-ый вектор-столбец матрицы $A(D)$; $|X|$ — мощность множества X; $(x, y) = \sum x_i y_i$ — скалярное произведение.

Таким образом, предложенная обобщенная диагностическая модель допускает формализованное описание искажений тестовых результатов в реальных системах.

ВЦ Минавтотранспорта Арм.ССР   5. VI. 1985

Ռ. Մ. ԹԱՃՉՅԱՆ

ԿԱՄԱՅԱԿԱՆ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔՈՎ ԲԱՐԴ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ԿԱՆԽՈՐՈՇՄԱՆ ՄԻ ՀԱՐՑԻ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Առաջարկվում է ընդհանրացված կանխորոշման մոդել։ Քննարկվում է տեստերի թողարկումից ստացված արդյունքների աղավաղումը կամայական կառուցվածքով համակարգերում բազմակի խափանումների առկայության դեպքում, որի համար ստացված է ֆորմալիզացիայի ալգորիթմ։

ЛИТЕРАТУРА

1. *Preparata F. P., Metz G., Chien R. T.* On the connection assignment problem of diagnosable systems. — IEEE Trans. Electron. Comput., 1967, Dec., V. EC—16, p. 848—854.
2. *Barsi F., Grandoni F., Maestrini P.* A theory of diagnosability of digital systems. — IEEE Trans. Comput., 1976, June. V. C—25, p. 585—593.
3. *Russell J. D., Kime C. R.* System fault diagnosis, Closure and diagnosability with repair. — IEEE Trans. Comput., 1975, Nov., V. C—24, p. 1078—1088.

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XL, № 2, 1987

ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА

А. С. ДАНИЕЛЯН, Г. Г. АРУНЯНЦ, М. А. РАФАЕЛЯН, О. А. АРУТЮНЯН

РАСЧЕТ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И МАТРИЦ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ФУНКЦИЙ МНОГОМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ В САПР СУ

Рациональным и нередко единственно возможным способом определения частотных характеристик (ЧХ) и передаточных функций каналов воздействия при синтезе систем автоматического регулирования (САР) в условиях САПР является расчет по математическим описаниям динамики объекта. Возможны два пути получения матриц передаточных функций (МПФ) многомерных объектов: численный и аналитический. Последний способ получения МПФ объекта с сосредоточенными параметрами предполагает линеаризацию нелинейных членов математического описания и его представление в форме:

$$F(D)\,X = B(D)\,U, \tag{1}$$