

УДК 681.335

## ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ПОКОМПОНЕНТНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ЦИФРОВИХ ПРИСТРОЇВ

Т.О. Савчук, С.В. Юхимчук

Вінницький державний технічний університет

Під ефективністю системи діагностування розуміють ступінь пристосованості реалізованих у системі методів і засобів до розв'язання задачі визначення технічного стану об'єкта діагностування й пошуку в ньому дефектів [1]. Для оптимізації цих методів та засобів необхідно правильно сформулювати задачу, що ними виконується, і основну мету оптимізації. Таким чином, знаходження оптимального рішення виявляється пов'язане з вибором критеріїв ефективності й розробкою методик оцінки ефективності по цих критеріях. Обрані критерії повинні враховувати найбільш важливі показники якості роботи систем діагностування [2, 3].

Використаємо такий критерій ефективності СПД [3]:

$$E_h = \frac{\bar{h} - \bar{h}^*}{\bar{h}} = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{h}_i - \bar{h}_i^*)}{\sum_{i=1}^n \bar{h}_i} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{\ell} (\bar{h}_i^j - \bar{h}_i^{*j})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{\ell} \bar{h}_i^j}, \quad (1)$$

де  $\bar{h}_i, \bar{h}_i^*$  - середня кількість дефектів  $i$ -го виду ( $i = \overline{1, n}$ ) в ЦУ, відповідно, до та після здійснення операцій діагностування;  $\bar{h}_i^j, \bar{h}_i^{*j}$  - середня кількість дефектів  $i$ -го виду елементів  $j$ -го типу ( $j = \overline{1, \ell}$ ) в ЦП, що діагностується, відповідно, до та після операцій діагностування;  $n$  - число видів дефектів в ЦП;  $\ell$  - число типів елементів ЦУ. Середня кількість  $\bar{h}_i$  дефектів  $i$ -го виду в об'єкті діагностування може бути визначена таким чином:

$$\bar{h}_i = \sum_{j=1}^{\ell} \bar{h}_i^j = \sum_{j=1}^{\ell} |d^j| p_i(d^j) = |d| p_i(d), \quad (2)$$

де  $|d^j|$  - кількість елементів  $j$ -го типу в об'єкті дослідження;  $p_i(d^j)$  - ймовірність виникнення у об'єкті діагностування дефектів  $i$ -го виду елементів  $j$ -го типу;  $|d|$  - загальна кількість елементів в об'єкті дослідження;  $p_i(d)$  - ймовірність виникнення в ЦП, що діагностується, дефектів  $i$ -го виду, яку можна визначити як:

$$p_i(d) = \frac{1}{|d|} \sum_{j=1}^{\ell} |d^j| p_i(d_j). \quad (3)$$

Значення

$$p_i(d^j) = \frac{\bar{h}_i^j}{|d^j|} \quad (4)$$

визначаються експериментально на основі статистичних даних конкретного виробництва.

Середня кількість дефектів  $i$ -го виду ЦП після проведення експерименту складе:

$$\bar{h}_i^* = \sum_{j=1}^{\ell} \bar{h}_i^{*j} = \sum_{j=1}^{\ell} |d_j| p_i(d_j) (1 - p(\bar{h}_i^j)) = |d| p_i(d) (1 - p(\bar{h}_i)), \quad (5)$$

де  $p(\bar{h}_i^j)$  - ймовірність викриття дефектів  $i$ -го виду елементів  $j$ -го типу;  $p(\bar{h}_i)$  - загальна ймовірність викриття присутніх в об'єкті дослідження дефектів  $i$ -го виду, що визначається з

(5) як:

$$p(\hbar_i) = 1 - \frac{\sum_{j=1}^{\ell} |d_i| p_i(d_i) (1 - p(\hbar_i^j))}{\sum_{j=1}^{\ell} |d_j| p_i(d_j)} \quad (6)$$

Теоретична оцінка значень  $p(\hbar_i^j)$  і  $p(\hbar_i)$ , що є одним з найважливіших характеристик систем діагностування, виконується для кожного конкретного поєднання ЦП, що досліджується, та засобів діагностування. У зв'язку з тим, що цей процес викликає значні ускладнення, як оціночні звичайно використовують експериментальні дані, отримані на конкретному виробництві.

Враховуючи викладене вище, вираз (1) прийме вигляд:

$$E_{\hbar} = \frac{\hbar - \hbar^*}{\hbar} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{\ell} |d_j| p_i(d_j) p(\hbar_i^j)}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{\ell} |d_j| p_i(d_j)} \quad (7)$$

В табл.1 наведені експериментальні дані результатів діагностування партії (300 штук) ЦП, що містять 40 ЦІС, 20 опорів, 15 ємностей, 5 діодів та 2 транзистори, які отримані з використанням системи покомпонентного діагностування АСПД-2. В даному випадку критерій ефективності у відповідності з (1) складе  $E_{\hbar} = 0,87$ , що добре узгоджується з експериментальними даними. Ймовірність виникнення помилок типу невиявленої відмови  $p_{nv}^{\delta}(t_1, t_2)$  чи помилкової відмови  $p_{nv}^{\delta}(t_1, t_2)$ , тобто помилок I та II роду, в серії  $\gamma$  діагностичних експериментів, що проводяться в часовий інтервал  $(t_1, t_2)$  для  $\delta$ -го елемента цифрового пристрою, який досліджується, можна визначити як [3, 4, 5]:

$$p_{nv}^{\delta}(t_1, t_2) = 1 - \prod_{s=1}^{\gamma} (1 - p_{nv}^s(t_1, t_2)), \quad (8)$$

$$p_{nv}^{\delta}(t_1, t_2) = 1 - \prod_{s=1}^{\gamma} (1 - p_{nv}^s(t_1, t_2)). \quad (9)$$

Величини  $p_{nv}^s(t_1, t_2)$  і  $p_{nv}^s(t_1, t_2)$ , що входять до складу (8) й (9), знаходяться, як правило, за допомогою спеціальних монограм [3]. Проте ці монограми дозволяють визначити ймовірність появи помилок I і II роду без обліку асиметрії поля допуску на параметри, що вимірюються, й за якими судять про знаходження елемента ЦП, що діагностується, в нормі. Врахувати асиметрію поля допуску дозволяють отримані в [5] аналітичні вирази. При некорельованих параметрах, що контролюються, наявності похибки їх вимірювання, відсутності систематичної похибки вимірювання, ймовірність появи помилкової відмови визначається співвідношенням [5]:

$$p_{nv}^s(t_1, t_2) = A \left[ \exp\left(-\frac{(r - r^*)^2}{2G(t_1, t_2)^2}\right) - \exp\left(-\frac{(kr - r^*)^2}{2G(t_1, t_2)^2}\right) \right], \quad (10)$$

де  $k$  - коефіцієнт асиметрії поля допуску;  $r$  - нормоване поле допуску на параметр, що вимірюється; значення величин  $A, r^*, G$  для різних значень нормованої випадкової похибки результатів діагностування і відношення нормованих систематичної та випадкової похибок результатів діагностування елементів ЦП, наведені в [5]. Слід відзначити, що умови, при яких отримано вираз, є типовими у практиці [3, 5]. При тих же умовах ймовірність появи невиявленої відмови складе:

$$p_{нс}^s(t_1, t_2) = A \left[ \exp\left(-\frac{(-r - r^*)^2}{2G(t_1, t_2)^2}\right) - \exp\left(-\frac{(-kr - r^*)^2}{2G(t_1, t_2)^2}\right) \right]. \quad (11)$$

Результати діагностування

Таблиця 1

Вид дефекту/тип елемента	Загальна Кількість	$\hbar_i^j$	$\hbar_i^{*j}$
Виробничі дефекти:	-	259	5
Короткі замикання	214500	204	1
Обриви	66600	16	0
Помилкова установка елементів:	-	18	1
-опори	6000	5	1
-ємності	4500	2	0
-діоди	1500	1	0
-транзистори	600	1	0
-ЦІС	12000	9	0
Пропуск елементів:	-	4	0
-опори	6000	2	0
-ємності	4500	1	0
-діоди	1500	1	0
-транзистори	600	-	-
Помилкова орієнтація елементів:	-	17	1
-ємності	4500	2	1
-транзистори	600	1	0
-діоди	1500	2	0
-ЦІС	12000	12	0
Дефектні елементи:	-	57	19
-опори	6000	3	0
-ємності	4500	8	0
-діоди	1500	3	0
-транзистори	600	1	0
-ЦІС	12000	42	19
Дефекти функціонування:	-	23	20
-транзистори	600	1	1
-діоди	1500	1	0
-ЦІС	12000	21	19

Знаходження  $p_{нс}^s(t_1, t_2)$  та  $p_{нс}^s(t_1, t_2)$  за допомогою виразів (10) і (11) вимагає простих, але громіздких обчислень. Крім того, практичне використання виразів (10) й (11) вимагає знання величин  $(t_1, t_2)$ . Для зручності їх застосування в інженерній практиці побудовані графіки залежностей  $p_{нс}^s(t_1, t_2) = F_1(z_s)$  і  $p_{нс}^s(t_1, t_2) = F_2(z_s)$  для різних значень  $k$  й наведені на рис.1

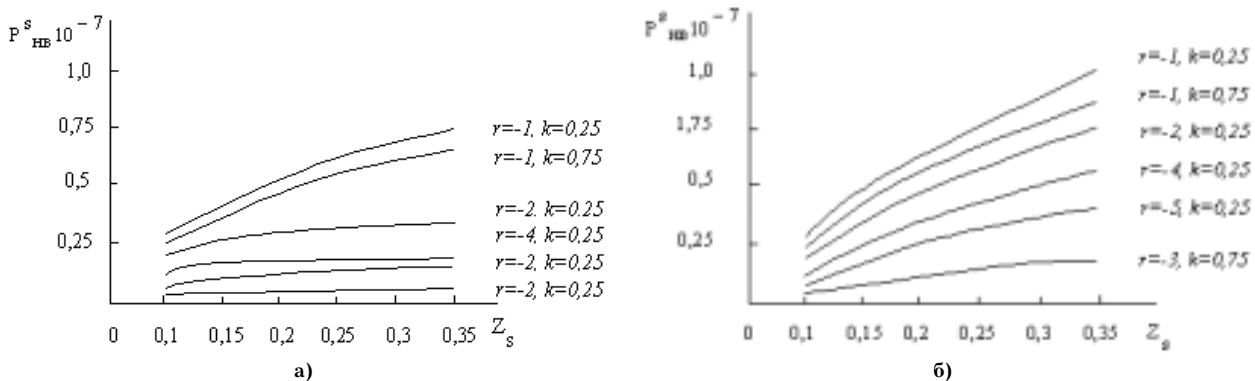


Рис.1. Графіки залежностей  $p_{нс}^s(t_1, t_2) = F_1(z_s)$  (а) і  $p_{нс}^s(t_1, t_2) = F_2(z_s)$  (б) для різних значень  $k$  та  $r$

( $z_s$  - нормована випадкова похибка результатів діагностування при проведенні  $s$ -го діагностичного експерименту). З графіків видно, що з ростом коефіцієнта асиметрії, ймовірності  $p_{не}^s(t_1, t_2)$  і  $p_{не}^s(t_1, t_2)$  зменшуються, та  $p_{не}^s(t_1, t_2) < p_{не}^s(t_1, t_2)$  при фіксованому  $r$ .

Оскільки система діагностування повинна забезпечити високу точність збору інформації про технічний стан ЦП для прийняття рішення, то максимальне значення нормованої випадкової похибки  $z_s$  обмежується значенням 0,1 [5]. Отримані при  $0 < z_s \leq 0,1$  значення  $p_{не}^s(t_1, t_2)$  та  $p_{не}^s(t_1, t_2)$  підтверджують високу вірогідність інформації про технічний стан ЦП, що діагностується.

Враховуючи (8) і (9), можна обчислити значення ймовірності знаходження  $\delta$ -го елемента ЦП в нормі [6]:

$$p^{\delta}(t_1, t_2) = \frac{(1 - p_{не}^{\delta}(t_1, t_2)) \cdot p_o^{\delta}(t_1, t_2)}{(1 - p_{не}^{\delta}(t_1, t_2)) p_o^{\delta}(t_1, t_2) + (1 - p_o^{\delta}(t_1, t_2)) p_{не}^{\delta}(t_1, t_2)}, \quad (12)$$

де  $p_o^{\delta}(t_1, t_2)$  - ймовірність знаходження  $\delta$ -го елемента в нормі до початку процесу діагностування.

Таким чином, для різноманітних варіантів побудови систем покомпонентного діагностування в залежності від застосованих методик й алгоритмів, що лежать в основі реалізації основних вузлів означених систем, за допомогою (2) – (12), можна визначити числове значення параметра (1). При цьому оптимальним алгоритмом є той, що складає найбільше значення критерію ефективності (1).

#### Література

1. Байда Н.П., Месюра В.И., Роик А.М. Самообучающиеся анализаторы производственных дефектов РЭА. – М.: Радио и связь, 1991. –256с.
2. Кузьмин И.В., Кедрус В.А. Основы теории информации и кодирования. –К.: Вища школа, 1986. –238с.
3. Кузьмин И.В. Оценка эффективности и оптимизация АСКУ. –М.: Советское радио, 1971.-296с.
4. Кузьмин И.В., Ключко В.И., Явна А.А. Элементы вероятностных моделей АСУ. –М.: Сов.радио, 1975. –366с.
5. Дунаев Б.Б. Точность измерений при контроле качества.–К.:Техніка, 1981. –160с.
6. Зыков А.А. Теория конечных графов.– Новосибирск: Наука, 1989.–542с.

УДК621.317.39

## МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ ПРОТЯЖНОСТІ ІМПУЛЬСНИХ ПРОЦЕСІВ ТА АНАЛІЗ ЙОГО МАТЕМАТИЧНИХ ОСНОВ

**Ю.В. Шабатура, М.Б. Тригуб, Ю.В. Бугайов**

Вінницький державний технічний університет

### Вступ

Як відомо, час є не тільки однією з основних фізичних величин, його можна розглядати і як філософську категорію, оскільки нам невідомі об'єкти, які існували б поза часом, так само як і позбавлені будь-якого змісту трактування часу поза простором. Час як фізична величина є досить багатограним поняттям, однак у технічних аспектах застосування його частіше всього використовують як четверту координату, що визначає положення об'єкта в чотиривимірному континуумі. Особливість часу як координатної осі насамперед в тому, що в нормальних умовах (за винятком релятивістських випадків) він є абсолютно об'єктивним і незалежним чинником. Крім того, час як об'єкт вимірювання має цілий ряд унікальних властивостей, серед яких можна виділити одномірність, однорідність і нескінченність. Це дозволяє вважати його дуже зручною величиною для еквівалентного представлення інших фізичних величин.