

УДК 681.35

В.В. Кузавков, Є.В. Редзюк

Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації ДУТ, Київ

## ПОБУДОВА ПЕРЕВІРНИХ ТЕСТІВ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЦИФРОВИХ БЛОКІВ БЕЗКОНТАКТНИМ ІНДУКЦІЙНИМ МЕТОДОМ

*В роботі визначено загальний підхід до побудови перевірних тестів для визначення технічного стану цифрових блоків радіоелектронної техніки безконтактним індукційним методом. Поставлену задачу розглянуто на прикладі простішої принципової схеми цифрового блоку.*

**Ключові слова:** перевірний тест, безконтактний індукційний метод.

### Вступ

Сучасні об'єкти радіоелектронної техніки (РЕТ) представляють собою складні технічні системи, що являються об'єднанням модулів різного фізичного виконання та призначення. Широка номенклатура цифрових пристроїв, що використовуються в об'єктах РЕТ, їх багатофункціональність висувають жорсткі вимоги до засобів діагностування з точки зору забезпечення заданого рівня тривалості діагностування, при забезпеченні необхідної достовірності [1]. Забезпечити висунуті вимоги можна застосуванням нових ефективних принципів, методів і засобів діагностування об'єктів РЕТ.

**Аналіз стану проблеми.** До складу сучасних об'єктів РЕТ входять цифрові блоки, що складаються з радіоелектронних компонентів (РЕК). Проведення якісного контролю технічного стану цифрових радіоелектронних компонентів залежить від методу діагностування.

Перспективним методом діагностування технічного стану цифрових блоків являється безконтактний індукційний метод діагностування [2].

Сутність безконтактного індуктивного методу (надалі – методу) діагностування полягає в тому, що в якості діагностичних параметрів (ДП) використовуються параметри сигналів, що наводяться струмоведучим елементом на затискачах вимірювальної котушки при подачі на радіоелектронний блок тестового впливу.

Під струмоведучим елементом розуміється провід живлення радіоелектронного блоку (позитивний або корпусний). Робота радіоелектронного блоку супроводжується зміною магнітного поля навколо проводів живлення при подачі діагностичного тесту.

Дану властивість доцільно використовувати для визначення технічного стану радіоелектронного блоку. Для цього вимірювальна котушка закріплюється «вдягається» на струмоведучий елемент. При подачі діагностичного тесту в радіоелектронному блоці спрацьовують складові елементи що призводить до зміни сигналу – магнітного поля на струмо-

ведучому елементі. На затискачах вимірювальної котушки генерується сигнал з певними параметрами. Наявність та форма сигналу на вимірювальній котушці служить інформацією про факт роботи радіоелектронного блоку. Діагностична інформація, отримана за допомогою вимірювальної котушки надходить до блоку її обробки. На основі порівняння параметрів еталонних і отриманих сигналів, приймається рішення про ТС даного радіоелектронного блоку.

**Постановка задачі.** Інформацією про працездатність РЕК для безконтактного індукційного методу є характеристики сигналів, які виникають у індукційному датчику (ДДС).

Надходження на входи РЕК тестової послідовності (ТП)  $\tilde{x}_i$  викликає спрацьовування даного елемента відповідно з реалізованою у ньому функцією. При цьому на ДДС виникає відповідна послідовність сигналів (відгуків)  $\tilde{y}_{k,i}$ .

Якщо вхідна послідовність  $\tilde{x}_i$  містить функціональний перевірний тест (ФПТ), то сумарний відгук РЕК  $\tilde{y}_{k,i}$  може бути представлений у вигляді послідовності відгуків елементів на ФПТ  $\tilde{y}_{\text{фпт},i}$  і надлишкових наборів  $\tilde{y}_{\text{нд},i}$ . Цей сумарний відгук є еталонним  $\tilde{y}_{k,i,\text{ет}}$  у випадку повноти справного РЕК.

В тестовій послідовності, що подається на цифровий блок, передбачається наявність ФПТ для всіх його елементів з допомогою яких визначається еталонний відгук. Це означає, що вхідна ТП повинна бути детермінованою.

Дефект в логічному елементі інтегральної схеми призводить до того, що елемент припиняє перемикатися (на його виході фіксується постійний – константний рівень «0» або «1») або змінюється його функція перемикавання. Через відсутність спрацьовувань РЕК, значення параметрів на ДДС зміниться, тобто  $\tilde{y}_{k,i} \neq \tilde{y}_{k,i,\text{ет}}$ . При цьому змінюються Булеві функції, які реалізовані у цифровому блоці.

Умова прояву дефекту на виходах РЕК автоматично трансформується в умову прояву дефекту

на ДДС. Завдяки цьому, будь-який дефект, який виникає в РЕК, проявиться в зміні відгуку  $\tilde{y}_{k,i}$  цього РЕК [3].

### Основна частина

В зв'язку з тим, що сучасні цифрові блоки характеризуються значною кількістю РЕК, використання багатомірних перевірних тестів може призвести до одночасного спрацювання декількох РЕК та відповідно до формування складного відгуку на виході ДДС. Для підвищення вірогідності однозначного визначення технічного стану цифрового блоку необхідне зменшити, по можливості, кількість РЕК що спрацьовують одночасно. Це можливе при використанні одномірних перевірних шляхів під час побудові перевірних тестів. Таким чином, перед нами виникає задача в якій задана:

принципова схема цифрового блоку з елементами пам'яті четвертого і п'ятого покоління із зовнішніми зворотними зв'язками;

еталонні значення відгуку в ДДС для кожного РЕК при зміні його стану;

достовірність контролю  $P_k$  – значення імовірності справного стану цифрового блоку при умові,

що відгук в контрольній точці на тестову послідовність співпадає з еталонним.

За отриманими даними необхідно:

визначити можливість побудови перевірного тесту, що забезпечує контроль із заданою достовірністю;

побудувати вхідну тестову послідовність  $\tilde{X}_t$  та еталонний відгук цифрового блоку  $\tilde{Y}_e$  такі, що якщо при подачі  $\tilde{X}_t$  на цифровий блок з ДДС знімається відгук  $\tilde{Y}_b \neq \tilde{Y}_e$ , то цифровий блок – несправний, а при  $\tilde{Y}_b = \tilde{Y}_e$  – цифровий блок з імовірністю  $P \geq P_{ок}$  справний ( $\tilde{Y}_b$  – виміряне значення відгуку).

Задача розв'язується в кілька етапів.

На першому, етапі за функціональною схемою цифрового блоку, виконується ранжування його елементів, складається таблиця спрацювання елементів – визначаються умови для формування елементарних шляхів.

Принцип рішення поставленої задачі пояснімо на прикладі простішої принципової схеми цифрового блоку (рис. 1).

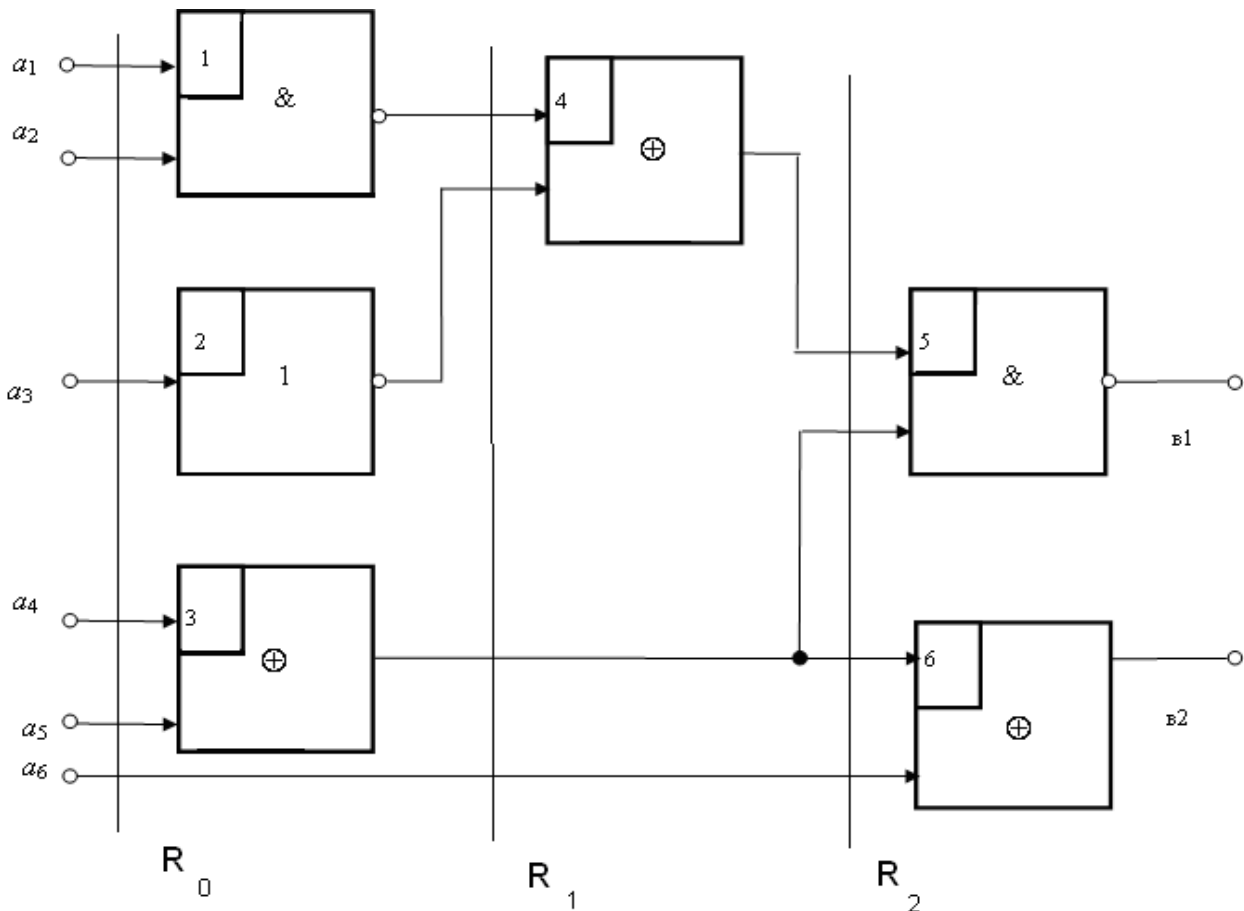


Рис. 1. Функціональна схема цифрового блоку

Ранжування здійснюється в такому порядку:

1. Входи цифрового блоку  $x_i$  ( $i = \overline{1, m}$ ) об'єднують в нульовий ранг  $R_0$  (a1, a2, a3, a4, a5 a6);

2. Кожному елементу  $E_j$  ( $j = \overline{1, N}$ ), у якого всі входи  $\xi_i$  ( $i = \overline{1, r}$ ) є входами цифрового блоку  $x_i$ , присвоюється ранг  $R_1$  (елементи 1, 2, 3);

3. Елементом  $E_j$ , всі входи  $\xi_i$  яких з'єднані з виходами елементів  $\gamma_i$  ( $i = \overline{1, s}$ ) першого рангу  $R_1$  і входами цифрового блоку  $x_i$ , присвоюється другий ранг  $R_2$  (елемент 4);

4. Елементом, всі входи  $\xi_i$  яких з'єднані з виходами  $\gamma_i$  елементів нижчих рангів  $R_1, R_2, \dots, R_{i-1}$  і входами цифрового блоку  $x_i$ , присвоюється наступний ранг  $R_i$ .

Елементарні шляхи  $\Pi_{\gamma_i \xi_{i+1}}$ , об'єднані в таблиці з'єднань (спрацьовувань) елементів цифрового блоку, наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Таблиця з'єднань

№ з/п	Елементарний шлях	Тип елемента
1	a1 – 1	$\overline{\&}$
2	a2 – 1	$\overline{\&}$
3	a3 – 2	$\overline{\&}$
4	a4 – 3	$\oplus$
5	a5 – 3	$\oplus$
6	a6 – 6	$\oplus$
7	1 – 4	$\oplus$
8	2 – 4	$\oplus$
9	4 – 5	$\overline{\&}$
10	3 – 5	$\overline{\&}$
11	3 – 6	$\oplus$
12	5 – b1	вих.
13	6 – b2	вих.

На другому етапі розробляються перевіріні тести визначення технічного стану цифрових блоків для безконтактного індукційного методу з урахуванням мінімальної кількості РЕК що спрацьовують одночасно.

Відповідно до методики побудови перевіріних тестів, визначення технічного стану цифрових блоків складається з трьох основних етапів:

встановлення в «0» – формування вхідної послідовності, під дією котрої логічні елементи цифрового блоку переводяться в вихідний (перед перевірічний) стан;

подача активізуючи наборів – заздалегідь визначений стан логічних елементів, частина елементів схеми при цьому може бути спеціально активовано (деактивовано);

подача перевіріних наборів на вхід одномірного шляху (з одночасною реєстрацією відгуку в ДДС) – базується на використанні одномірних шляхів і бази тестів для цифрового блоку.

Побудова одномірного шляху здійснюється таким чином:

1. Елементи цифрового блоку  $E_j$  та  $E_{j+1}$ , що спрацьовують послідовно один за одним, утворюють сусідні ранги  $R_c$  ( $R_j$  та  $R_{j+1}$  (1, 2, 3 та 4, 6)), а елементи рангу  $R_j$ , хоча б один із входів яких з'єднано з одним із виходів елементів рангів  $R_0, R_1, \dots, R_{j-2}$ , утворюють суміжні  $R_{cm}$  ранги (4 та 6).

2. Елементарним шляхом  $\Pi_{\gamma_i \xi_j}$  в ранжованому цифровому блоці являється мінімальний шлях проходження сигналу між входом та виходом елементів в сусідніх  $R_c$  або суміжних  $R_{cm}$  рангах, причому він включає один і тільки один вхід елемента  $\xi$  (1, 4, 5 або 3, 6) [4].

Вхід  $\xi_j$  і-го елемента і вихід  $\gamma_i$  і-го елемента елементарного шляху назвемо внутрішніми, а решту входів цього елемента – зовнішніми.

3. Одномірний шлях  $O_{ij}$  є шляхом проходження сигналу від точки і цифрового блоку до точки j, в якому елементи спрацьовують послідовно.

Таким чином, вихідними для формування одномірних шляхів  $O_{ij}$  є елементарні шляхи (табл. 1).

Елементи, виходи яких розгалужуються, відмічаються точкою ( $\Pi_{\gamma_a \xi_s}$ ).

4. За початок одномірного шляху  $O_{ij}$  приймається початок першого елементарного шляху.

Узагальнений алгоритм побудови перевіріних тестів визначення технічного стану:

1. Ввід даних:
2. Масив входів (база тестів), де  $A_{pi}$  – набір, що активізує,  $P_{pi}$  – перевіріний набір;
3. Масив виходів  $O_j$  – масив одномірних шляхів.
4. Переведення блоку в вихідний стан шляхом подачі на входи сигналу встановлення в «0»;
5. За результатами аналізу схеми блоку (рис. 1) та таблиці елементарних шляхів (табл. 1) обирається одномірний шлях  $O_j$ ;
6. На всі входи блоку (окрім того, з якого починається обраний одномірний шлях) подається перший активізуючи набір  $A_{pi}$  з повної бази тестів;

7. На вхід обраного одномірного шляху подається першій перевірний набір  $P_{n1}$ , водночас здійснюється реєстрація відгуку в ДДС та запис отриманого сигналу до бази еталонних відгуків;

8. Здійснюється перебір усіх тестів що активізують та перевірних наборів через переведення блоку у вихідне становище «0».

9. Процедура повторюється для наступних одномірних шляхів;

10. Після проходження всіх одномірних шляхів – здійснюється вивід еталонних відгуків справного цифрового блоку.

## Висновки

Таким чином, визначено загальний підхід до побудови перевірних тестів цифрових блоків для безконтактного індукційного методу діагностування.

Даний метод можна застосовувати для побудови ієрархічних, універсальних, автоматизованих систем контролю технічного стану об'єктів РЕТ, які дозволяють визначати технічний стан з точністю до РЕК, при невеликих економічних затратах, з мінімальним втручанням в існуюче устаткування, з максимальною автоматизацією процесу діагностування, з заданими показниками якості.

Сутність методу діагностування радіоелектронних блоків полягає в тому, що в якості діагностичних параметрів використовуються параметри сигналів, що наводяться у вимірювальній котушці, що закріплюється («вдягається») на струмоведучий елемент радіоелектронного блоку. Робота радіоелектронного блоку супроводжується зміною магнітного поля навколо проводів живлення при подачі діагностичного тесту.

Перевага методу над існуючими полягає в наступному:

– виключено необхідність використання вихідних контактів та контрольних точок;

– незначний вплив пристрою діагностування на „власну” надійність радіоелектронного блоку, так як до нього не додаються нові елементи та не змінюється принципова схема;

– можливість застосування методу як до існуючих, так і до перспективних блоків.

У випадку використання безконтактного індукційного датчика кількість тестових наборів скорочується (в порівнянні з використанням таблиць істинності), відповідно зменшується час проведення діагностики.

## Список літератури

1. Діагностика цифрових та аналогових пристроїв радіоелектронної техніки: Монографія / В.В. Вишнівський, М.К. Жердев, С.В. Ленков, В.О. Проценко; під ред. М.К. Жердева, С.В. Ленкова. – К.: Знання України, 2009. – 220 с.

2. Безконтактний індукційний метод діагностування радіоелектронних блоків / В.В. Вишнівський, М.К. Жердев, Б.П. Креденцер, В.В. Кузавков, С.В. Редзюк // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2013. – Вип. 43. – С. 17-20.

3. Жердев М.К. Побудова функціональних перевірних тестів для енергодинамічного та електромагнітного методів діагностування / М.К. Жердев, С.В. Ленков, П.А. Шкуліна // Система обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2013. – Вип 1(108). – С. 49-52.

4. Шкуліна П.А. Побудова перевірних тестів для діагностування радіоелектронних пристроїв електромагнітним методом / П.А. Шкуліна // Наукові нотатки постійно діючого семінару науковців, здобувачів та ад'юнктів. – К.: ВІКНУ, 2013. – Вип. 24. – С. 3-25.

Надійшла до редколегії 22.01.2015

**Рецензент:** д-р техн. наук В.В. Вишнівський, Державний університет телекомунікацій, Київ.

## ПОСТРОЕНИЕ ПРОВЕРОЧНЫХ ТЕСТОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЦИФРОВЫХ БЛОКОВ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ БЕСКОНТАКТНЫМ ИНДУКЦИОННЫМ МЕТОДОМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

В.В. Кузавков, Е.В. Редзюк

*В работе определен общий подход к построению проверочных тестов для определения технического состояния цифровых блоков радиоэлектронной техники бесконтактным индукционным методом. Поставленная задача рассмотрена на примере простейшей принципиальной схемы цифрового блока.*

**Ключевые слова:** проверяющий тест, бесконтактный индукционный метод.

## CONSTRUCTION OF VERIFICATION TESTS OF DETERMINATION OF THE TECHNICAL STATE OF DIGITAL BLOCKS OF RADIO ELECTRONIC TECHNIQUE BY THE NON-CONTACT INDUCTION METHOD OF DIAGNOSTIC

V.V. Kuzavkov, E.V. Redzjuk

*The general going is in-process certain near the construction of verification tests for determination of the technical state of digital blocks of radio electronic technique by a non-contact induction method. The set problem is considered on the example of the simplest fundamental chart of digital block.*

**Keywords:** checking test, non-contact induction method.