

# Розвиток радіотехнічного забезпечення, АСУ та зв'язку Повітряних Сил

УДК 681.35

В.В. Кузавков, С.О. Клімович

*Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації ДУТ, Київ*

## ПОБУДОВА ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПЕРЕВІРНИХ ТЕСТІВ ДЛЯ БЕЗКОНТАКТНОГО ІНДУКЦІЙНОГО МЕТОДУ ДІАГНОСТУВАННЯ

*В роботі визначено загальний підхід до побудови функціональних перевірних тестів для безконтактного індукційного методу діагностування радіоелектронних компонентів. В якості радіоелектронних компонентів розглянуто цифрові елементи пам'яті та мікроконтролер.*

**Ключові слова:** метод діагностування, функціональний перевірний тест.

### 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 для розробки сучасних засобів діагностування об'єктів РЕТ на основі нових ефективних методів діагностування.

**Аналіз джерел** показав, що проведення якісного контролю технічного стану цифрових радіоелектронних компонентів залежить від методу діагностування. Перспективним методом діагностування РЕК являється безконтактний індукційний метод діагностування (надалі – метод) [2], сутність котрого полягає в тому, що в якості діагностичних параметрів (ДП) використовуються параметри сигналів, що наводяться струмоведачим елементом на затискачах вимірювальної котушки при подачі на радіоелектронний блок тестового впливу.

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

Дану властивість доцільно використовувати для визначення технічного стану радіоелектронного блоку. Для цього вимірювальна котушка закріплю-

ється «вдягається» на струмоведачий елемент. При подачі діагностичного тесту в радіоелектронному блоці спрацьовують складові елементи що призводить до зміни сигналу – магнітного поля на струмоведачому 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.** Для впровадження запропонованого методу діагностування в систему технічного обслуговування та ремонту РЕТ потрібне інтегрування в нею засобів обчислювальної техніки. Функціонування подібної системи не можливе без розробки перевірних тестових наборів та побудова відповідних алгоритмів для окремих РЕК та цифрових блоків. Стаття присвячена вирішенню поставленої задачі.

### Виклад основного матеріалу

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

#### Побудова приватних функціональних перевірних тестів для елементів пам'яті

На відміну від елементу комбінаційного типу елемент пам'яті характеризується тим, що сигнал на його виході  $Y(t)$  визначається не тільки видом тестового набору  $X_i = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , але також і

тим, у якому стані перебував елемент пам'яті у попередній момент часу, тобто тим, які тестові набори були подані на його входи раніше. При перевірці елементу пам'яті суттєвим є порядок подачі вхідних тестових наборів. Для завдання моделей цифрових блоків з пам'яттю часто використовують функції переходів і виходів [3, 4]:

$$Y(t) = \rho' [S(t), X(t)];$$

$$S(t + 1) = \delta' [S(t), X(t)],$$
(1)

де  $\rho'$  – функція виходу елементу пам'яті,  $\delta'$  – функція переходів,  $S(t)$  – стан елементу пам'яті у момент  $t$ ,  $X(t)$  – вхідний сигнал у момент часу  $t$ .

Якщо в системі (1) функції  $\rho'$  і  $\delta'$  задані кінцевим числом аргументів, то елемент пам'яті може бути заданий таблицею переходів і виходів. Побудова ПФПТ для елементу пам'яті полягає у відборі таких вхідних тестових наборів  $X_1, X_2, \dots, X_m$ , які в сукупності забезпечили б із заданою достовірністю перевірку всіх РЕК елементу пам'яті.

Розглянемо задачу побудови ПФПТ для перевірки працездатності RS-тригеру (рис. 1).

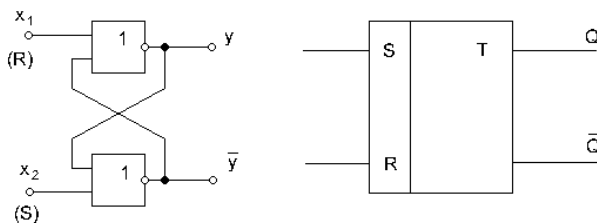


Рис. 1. Схема RS-тригеру

Так як тригер має тільки один стійкий стан, то до складу ПФПТ буде входити більше число тестових наборів у порівнянні з ПФПТ для елементів комбінаційного типу. При цьому повинна забезпечуватися роздільна перевірка RS-тригеру по кожному із входів. Таблиця станів RS-тригеру – табл. 1, де  $Q(t)$  – стан в початковий момент часу;  $Q(t + 1)$  – стан в наступний момент часу.

Таблиця 1

Таблиця станів RS-тригеру

| R | S | Q(t) | Q(t + 1)     | Сигнал ДДС    |
|---|---|------|--------------|---------------|
| 0 | 0 | 0    | Не визначено | Не визначений |
| 0 | 0 | 1    | Не визначено | Не визначений |
| 1 | 0 | 0    | 0            | -             |
| 1 | 0 | 1    | 0            | +             |
| 0 | 1 | 0    | 1            | +             |
| 0 | 1 | 1    | 1            | -             |
| 1 | 1 | 0    | 0            | -             |
| 1 | 1 | 1    | 1            | -             |

Наявність несправностей в схемі тригера однозначно проявлятися на ДДС внаслідок відсутності спрацьовування тригера при подачі заданої сукупності наборів зі складу ПФПТ, або за рахунок виникнення додаткових спрацьовувань. При виникненні несправності еталонний відгук на ДДС буде спотворено.

Перевірка працездатності RS-тригера зводиться до перевірки відповідності сигналів відгуків на ДДС в залежності від «слів» на входах. Аналіз таблиці істинності RS- тригера показує, що незалежно від стану, у якому він перебуває в момент часу  $t$ , подача набору  $X^{(0)} = \{x_1, x_2\}$ , де  $x_1 = 1$  (3-ій набір) приводить до того, що  $Q = 0$ , а подача набору  $X^{(1)} = \{x_1, x_2\}$ , де  $x_2 = 1$  (2-ій набір) до того, що  $Q = 1$ .

Алгоритми проведення діагностування з використанням розроблених ПФПТ RS-тригера приведені на рис. 2.

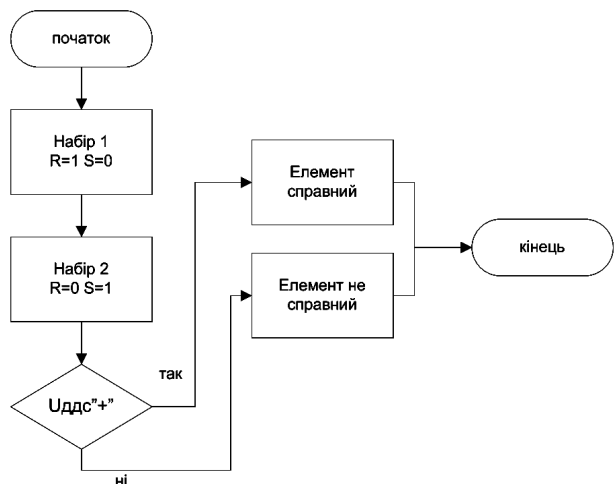


Рис. 2. Алгоритм побудови тесту діагностування RS-тригера з використанням ДДС

Таким чином, технічний стан RS-тригера може бути перевірений з використанням таблиці істинності та контролем вихідних сигналів (шість наборів вхідних слів), або за допомогою ДДС та ПФПТ (два набори вхідних слів).

Розглянемо задачу перевірки працездатності двійкового  $n$ -розрядного лічильника, побудованого на базі T-тригера (рис. 3).

У табл. 2 та 3 наведені можливі стани  $n$ -розрядного лічильника. Із таблиці видно, що для перевірки лічильника треба встановити його у початковий стан, а потім подати на вхід лічильника “+1” послідовність з  $2^n$  одиниць. У випадку, якщо ТП складається із  $2^a$  одиниць, то буде перевірений а + 1 тригер з індексами  $T(0)$  до  $T(a)$  включно, де  $0 \leq a \leq n - 2$ .

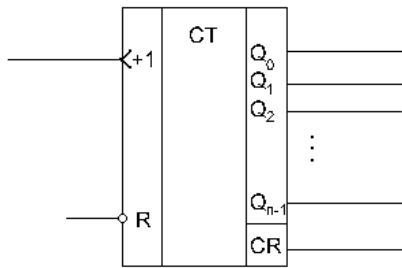


Рис. 3. Лічильник на базі T-тригера

Таблиця 2  
Можливі стани n-розрядного лічильника

| Номер стану лічильника | Виходи лічильника |                  |     |                |                |                |   |
|------------------------|-------------------|------------------|-----|----------------|----------------|----------------|---|
|                        | Q <sub>n-1</sub>  | Q <sub>n-2</sub> | ... | Q <sub>2</sub> | Q <sub>1</sub> | Q <sub>0</sub> | R |
| 0                      | 0                 | 0                | ... | 0              | 0              | 0              |   |
| 1                      | 0                 | 0                | ... | 0              | 0              | 1              |   |
| 2                      | 0                 | 0                | ... | 0              | 1              | 0              |   |
| 3                      | 0                 | 0                | ... | 0              | 1              | 1              |   |
| 4                      | 0                 | 0                | ... | 0              | 0              | 0              |   |
| 5                      | 0                 | 0                | ... | 1              | 0              | 1              |   |
| ...                    | ...               | ...              | ... | ...            | ...            | ...            |   |
| 2 <sup>n</sup> -1      | 1                 | 1                | ... | 1              | 1              | 1              |   |

Таблиця 3  
Зміна рівнів на виході сумуючого двійкового лічильника та ДДС

| Номер вхідного імпульсу | Q <sub>2</sub> | Q <sub>1</sub> | Q <sub>0</sub> | Сигнал ДДС (U <sub>ДДС</sub> ) наявність та рівень |
|-------------------------|----------------|----------------|----------------|--|
| 1                       | 0              | 0              | 1              | +, U <sub>ДДС</sub>                                |
| 2                       | 0              | 1              | 0              | +, U <sub>ДДС</sub>                                |
| 3                       | 0              | 1              | 1              | +, 2U <sub>ДДС</sub>                               |
| 4                       | 1              | 0              | 0              | +, U <sub>ДДС</sub>                                |
| 5                       | 1              | 0              | 1              | +, 2U <sub>ДДС</sub>                               |
| 6                       | 1              | 1              | 0              | +, 2U <sub>ДДС</sub>                               |
| 7                       | 1              | 1              | 1              | +, 3U <sub>ДДС</sub>                               |
| 8                       | 0              | 0              | 0              | -  |

Для перевірки можливості переносу одиниці із старшого розряду лічильника на його лічильникові вхід “+1” потрібно подати ТП із 2<sup>n-1</sup> одиниць.

Таким чином, ПФПТ для перевірки стану двійкового n-розрядного лічильника на базі T-тригера являє собою набір послідовностей, складених із 2<sup>n-1</sup> одно розрядних слів x<sub>i</sub> = 1, де 1 ≤ i ≤ 2<sup>n-1</sup>. Так як тригер складає основу інших елементів пам’яті, можна побудувати ПФПТ для перевірки кожного з них.

Аналіз табл. 2, 3 показує - з кожним тактом вхідної послідовності спостерігається наявність сигналу на виході ДДС, крім того, одночасна зміна вихідного стану (спрацьовування) декількох виходів призводить до збільшення рівня сигналу в ДДС рис. 4. Таким чином, реєстрація наявності та закономірності зміни рівня сигналу ДДС однозначно характеризує технічний стан РЕК, що контролюється.

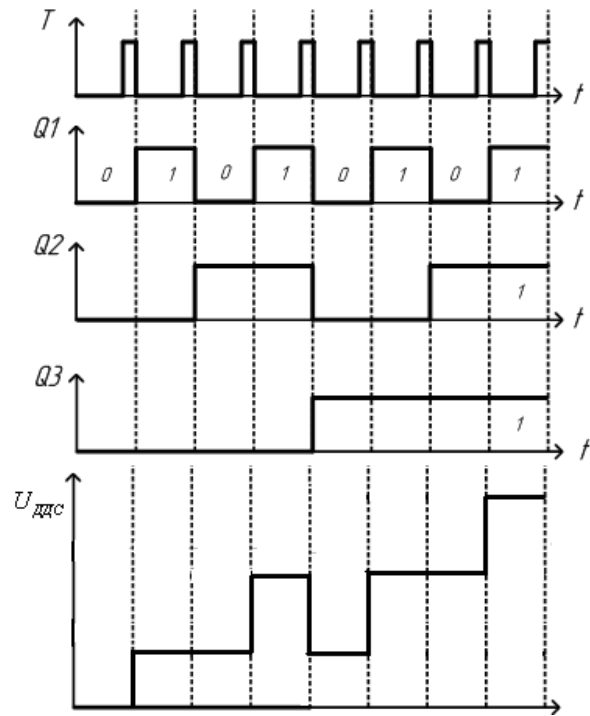


Рис. 4. Часова діаграма роботи сумуючого асинхронного лічильника та зміна рівня сигналу ДДС

### Побудова функціональних перевірок тестів для мікроконтролера

Сигнали на виході МК (рис. 5) залежать від тестового набору  $X_i(t) = \{x_1(t), x_2(t), \dots, x_j(t)\}$ , що поданий на його вхід, стану, в якому він знаходиться, та алгоритму обробки інформації [3, 4]:

$$Y_i(t) = A_i[S_i(t), X_i(t)], \quad (2)$$

де A<sub>i</sub> – алгоритм обробки інформації в МК, S<sub>i</sub>(t) – стан МК в момент часу t, X<sub>i</sub>(t) – вхідний сигнал в момент часу t.

Сигнали X<sub>i</sub>(t) та Y<sub>i</sub>(t) є цифровими послідовностями.

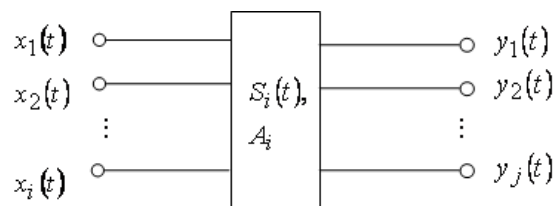


Рис. 5. Схема МК

В пристроях РЕТ МК виконують визначену задачу, тому тести для перевірки МК мають назву функціональні перевірки (ФПТ). Такі тести можна отримати тільки відносно тих виводів МК, які використовуються в об'єкті, що діагностується.

Якщо МК (рис. 5) використовується для шифрування інформації то:

$x_1(t)$  – вхідна інформація;

$A_1$  – алгоритм шифрування;

$y_1(t)$  – вихідна зашифрована інформація.

Якщо МК (рис.5) використовується для дешифрування інформації то:

$x_2(t)$  – вхідна зашифрована інформація;

$A_2$  – алгоритм дешифрування;

$y_2(t)$  – дешифрована інформація.

Функціональний перевіряючий тест МК (рис. 5) для прикладу має вид:

- на вхід 2 подається інформація  $x_1(t)$ , яка максимально використовує можливості МК;
- запускається алгоритм  $A_1$ ;
- закодована інформація  $y_1(t)$  подається на вхід  $x_2(t)$ ;
- запускається алгоритм  $A_2$ ;
- з виходу  $y_2(t)$  знімається дешифрована інформація;

- порівнюється  $x(t)_1$  та  $y(t)_2$ .

Внаслідок порівняння можливі дві варіанти:

$x(t)_1 = y(t)_2$ , - МК справний.

$x(t)_1 \neq y(t)_2$ , - МК не справний.

Таким чином, знаючи функцію, яку виконує МК в пристрої, можна побудувати функціональний перевіряючий тест (ФПТ) значно коротший повного перевіряючого тесту (ППТ) МК.

## Висновки

Таким чином, визначено загальний підхід до побудови перевіряючих тестів цифрових радіоелект-

ронних компонентів для безконтактного індукційного методу діагностування.

Використання таблиць істинності РЕК (діагностична інформація (ДІ) знімається з виходу РЕК) не гарантує мінімальності довжини побудованого тесту. У випадку використання безконтактного індукційного датчика кількість тестових наборів скорочується, відповідно зменшується час проведення діагностики.

Застосування даних тестів дає можливість забезпечити вимоги до засобів діагностування з точки зору забезпечення заданого рівня тривалості діагностування, при необхідній достовірності.

**Напрямок подальших досліджень** є розробка функціональних перевіряючих тестів та побудова алгоритмів діагностування (визначення технічного стану) цифрових блоків (функціональних вузлів РЕТ) для безконтактного індукційного методу.

## Список літератури

1. Діагностика цифрових та аналогових пристроїв радіоелектронної техніки: Монографія / Вишнівський В.В., Жердев М.К., Ленков С.В., Проценко В.О.; 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 КНУ імені Т. Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2013. – Вип. №43. – 17 с.
3. Жердев М.К. Побудова функціональних перевіряючих тестів для енергодинамічного та електромагнітного методів діагностування / М.К. Жердев, С.В. Ленков, П.А. Шкуліна // Система обробки інформації. – Х.: ХКПС, 2013, – Вип. 1 (108). – С. 49-52.
4. Шкуліна П.А. Побудова перевіряючих тестів для діагностування радіоелектронних пристроїв електромагнітним методом / П.А. Шкуліна // Наукові нотатки постійного діючого семінару науковців, здобувачів та ад'юнктів. – Вип. 24. – К.: ВІКНУ, 2013. – С. 3–25.

Надійшла до редколегії 2.12.2014

**Рецензент:** д-р техн. наук проф. О.В. Кувшинов, Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації Державного університету телекомунікацій, Київ.

## ПОСТРОЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОВЕРОЧНЫХ ТЕСТОВ ДЛЯ БЕЗКОНТАКТНОГО ИНДУКЦИОННОГО МЕТОДА ДИАГНОСТИКИ

В.В. Кузавков, С.О. Климович

*В работе определен общий подход к построению функциональных проверяющих тестов для бесконтактного индукционного метода диагностирования радиоэлектронных компонентов. В качестве радиоэлектронных компонентов рассмотрены цифровые элементы памяти и микроконтроллеры.*

**Ключевые слова:** метод диагностирования, функциональный проверяющий тест.

## CONSTRUCTION OF FUNCTIONAL CHECKING TESTS FOR NON-CONTACT INDUCTION METHOD OF DIAGNOSTICS

V.V. Kuzavkov, S.O. Klimovich

*A common approach to the construction of functional checking tests for non-contact induction method of diagnosing radio-electronic components is defined in the papers. Digital memory elements and microcontroller are considered as the radio-electronic components.*

**Keywords:** method of diagnosis, functional checking test.