

УДК 681.35

**В.Б. Толубко,**  
доктор технічних наук, професор  
**К.Ф. Боряк,**  
доктор технічних наук, доцент  
**П.А. Шкуліпа,**  
кандидат технічних наук

## ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА АВТОНОМНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

*Обґрунтовується функціональна схема автономної автоматизованої системи технічного діагностування об'єктів радіоелектронної техніки спеціального призначення. Показано, що застосування інформаційних технологій дає можливість автономній автоматизованій системі технічного діагностування забезпечити визначення технічного стану й пошук несправності радіоелектронної техніки спеціального призначення із заданими параметрами діагностування.*

**Ключові слова:** система технічного діагностування, аналогові і цифрові модулі, алгоритм, інформаційні технології.

*Обосновывается функциональная схема автономной автоматизированной системы технического диагностирования объектов радиоэлектронной техники специального назначения. Показано, что применение информационных технологий дает возможность автономной автоматизированной системе технического диагностирования обеспечить определение технического состояния и поиск неисправности радиоэлектронной техники специального назначения с заданными параметрами диагностирования.*

**Ключевые слова:** система технического диагностирования, аналоговые и цифровые модули, алгоритм, информационные технологии.

*Functional scheme of the autonomous technical diagnostics system for the autonomous objects of the radio-electronic equipment for special purposes is substantiated. It is shown, that the application of information technologies enables autonomous Automated System Checkup to determine the technical status and troubleshooting of electronic technics of the special purpose specified diagnoses.*

**Keywords:** technical diagnostics system, analogue and digital modules, algorithm, information technology.

Нині дедалі більшого поширення набувають об'єкти радіоелектронної техніки (РЕТ), які є об'єднанням модулів різного фізичного виконання й призначення. Системи, які з'явилися спочатку в авіабудуванні й космонавтиці, поступово

завойовують практично всі сфери життєдіяльності людини. Зокрема, це стосується об'єктів РЕТ спеціального призначення. Істотним чинником, який ускладнює задачі контролю технічного стану й діагностики, є переважаючий підхід до побудови об'єктів РЕТ спеціального призначення як децентралізованої системи. Це, з одного боку, дозволяє підвищити їх надійність за рахунок того, що вихід з ладу одного модуля, як правило, не приводить до виходу з ладу решти модулів, але, з іншого боку, істотно ускладнює функцію контролю технічного стану системи в цілому. І, незважаючи на те, що цей підхід у більшості випадків себе виправдовує, особливо з точки зору економіки, із погляду розробки системи контролю технічного стану об'єктів РЕТ він певндк.' цілий ряд труднощів.

Широкого поширення набуло використання у складі модулів об'єктів РЕТ вбудованих систем контролю й діагностики. Проте їх практичне використання обмежене через відсутність теорії, здатної автоматизувати процес створення діагностичних моделей, алгоритмів побудови тестів, алгоритмів контролю технічного стану й локалізації несправних радіоелектронних компонентів.

Стрімкий розвиток мікроелектроніки та інформаційних технологій потребує від конструкторів і виробників сучасних автономних автоматизованих систем технічного діагностування розробки нових методів отримання та обробки діагностичної інформації для визначення технічного стану об'єктів радіоелектронної техніки спеціального призначення [1]. Існуюче протиріччя між принциповою можливістю побудови високоефективних автономних автоматизованих систем технічного діагностування на основі використання останніх досягнень в області мікроелектроніки і низькою ефективністю існуючих автономних автоматизованих систем технічного діагностування в об'єктах РЕТ пропонується вирішити створенням сучасних АА СТД на основі нових методів отримання та обробки діагностичної інформації. Однією із задач при створенні сучасних АА СТД є задача зниження витрат при виробництві й експлуатації нових зразків об'єктів РЕТ.

Зважаючи на викладене вище, у роботі поставлена й розв'язана нова науково-практична задача, яка полягає у впровадженні інформаційних технологій для побудови функціональної схеми автономної автоматизованої системи технічного діагностування об'єктів радіоелектронної техніки спеціального призначення.

Перспективними методами технічного діагностування об'єктів радіоелектронної техніки спеціального призначення є динамічний, енергодинамічний і електромагнітний.

Сутність електромагнітного методу діагностування радіоелектронних модулів полягає в тому, що в якості діагностичних параметрів використовуються параметри сигналів, що наводяться в "антенному" пристрої, що накладається на сам радіоелектронний компонент (РЕК). Робота РЕК супроводжується зміною електромагнітного поля навколо нього при подачі на його входи діагностичного тесту. Потужність випромінювання радіоелектронних компонентів є достатньою, щоб згенерувати в "антенному" пристрої сигнали, параметри яких можна використовувати в якості діагностичних [2].

Сутність енергодинамічного методу отримання діагностичної інформації для контролю технічного стану радіоелектронних модулів об'єктів РЕТ полягає в тому, що в якості діагностичного параметра використовується значення напруги, яка вимірюється на пристрої контролю технічного стану, який включено в шину живлення [2].

Сутність динамічного методу діагностування радіоелектронних модулів об'єктів РЕТ, що працюють як система автоматичного управління, полягає в тому, що в якості діагностичних параметрів використовуються показники якості перехідного процесу, що вимірюються на виході цих модулів [2].

Експериментальні дослідження показали, що при вимірюванні зазначених діагностичних параметрів для цих методів діагностування виконуються вимоги прояву й транспортування будь-якого дефекту в контрольну точку.

Використання цих методів діагностування, алгоритмів виділення й обробки діагностичної інформації, прийняття рішення про технічний стан (ТС) радіоелектронних модулів об'єктів РЕТ і місця локалізації несправного РЕК [2] дало змогу обґрунтувати функціональну схему автономної автоматизованої системи технічного діагностування. Для ефективної роботи автономної автоматизованої системи технічного діагностування об'єктів радіоелектронної техніки спеціального призначення необхідно розробити для кожного класу аналогових і цифрових модулів діагностичний паспорт, в якому відображається тестовий вплив, реакція на нього об'єкта діагностування в справному і несправному станах, вид обробки діагностичної інформації і т.п. У зв'язку з цим, автономна автоматизована система технічного діагностування, що реалізує таке діагностування, повинна відповідати наступним вимогам [1]: бути універсальною (забезпечувати діагностування широкої номенклатури аналогових і цифрових модулів і враховувати характерні особливості, які властиві різним їх типам); проводити діагностування аналогових і цифрових модулів із заданою достовірністю; бути простою в експлуатації; бути адаптивною під нові типи аналогових і цифрових модулів; мати високу надійність, продуктивність і низьку вартість.

При проведенні розробки функціональної схеми автономної автоматизованої системи технічного діагностування основна увага приділялася тому, щоб вона була здатною проводити контроль ТС модулів і локалізацію несправних РЕК в них.

У функціональній схемі автономної автоматизованої системи технічного діагностування реалізовано наступні способи отримання діагностичної інформації.

*Для динамічного методу*

1. Інформація знімається з виходу діагностичного модуля.
2. Вимірюються показники якості перехідного процесу (не менше двох).

*Для енергодинамічного методу*

1. Інформація знімається з датчиків діагностичної інформації  $R_k$ .
2. Підсилюється підсилювачем діагностичної інформації.
3. Подається на швидкодіючий детектор і перетворюється на аналоговий сигнал.
4. Аналоговий сигнал подається на АЦП і перетворюється на цифровий код.
5. Цифровий код порівнюється з нижнім і верхнім допусками й приймається рішення про технічний стан модуля, що діагностується.

*Для електромагнітного методу*

1. Інформація знімається з "антени".
2. Посилюється підсилювачем діагностичної інформації.
3. Подається на швидкодіючий детектор і перетворюється на аналоговий сигнал.
4. Аналоговий сигнал подається на АЦП і перетворюється на цифровий код.

5. Цифровий код порівнюється з нижнім і верхнім допусками і приймається рішення про технічний стан модуля, що діагностується.

Функціональна схема автономної автоматизованої системи технічного діагностування наведена на рис. 1. До її складу входять:

– блок живлення (БЖ), що призначений для живлення АА СТД і модулів, що перевіряються (БП).

– блок виділення діагностичної інформації і її перетворення (БВДІ). Він складається з наступних елементів:

датчиків діагностичної інформації (ДДІ), а саме набору контрольних опорів  $R_k$ , і набору “антен”.

підсилювачів діагностичної інформації (ПДІ);

швидкодіючого детектора (ШД).

Блок управління (БУ) призначений для управління сигнальним процесором: “включення” і “виключення” АА СТД;

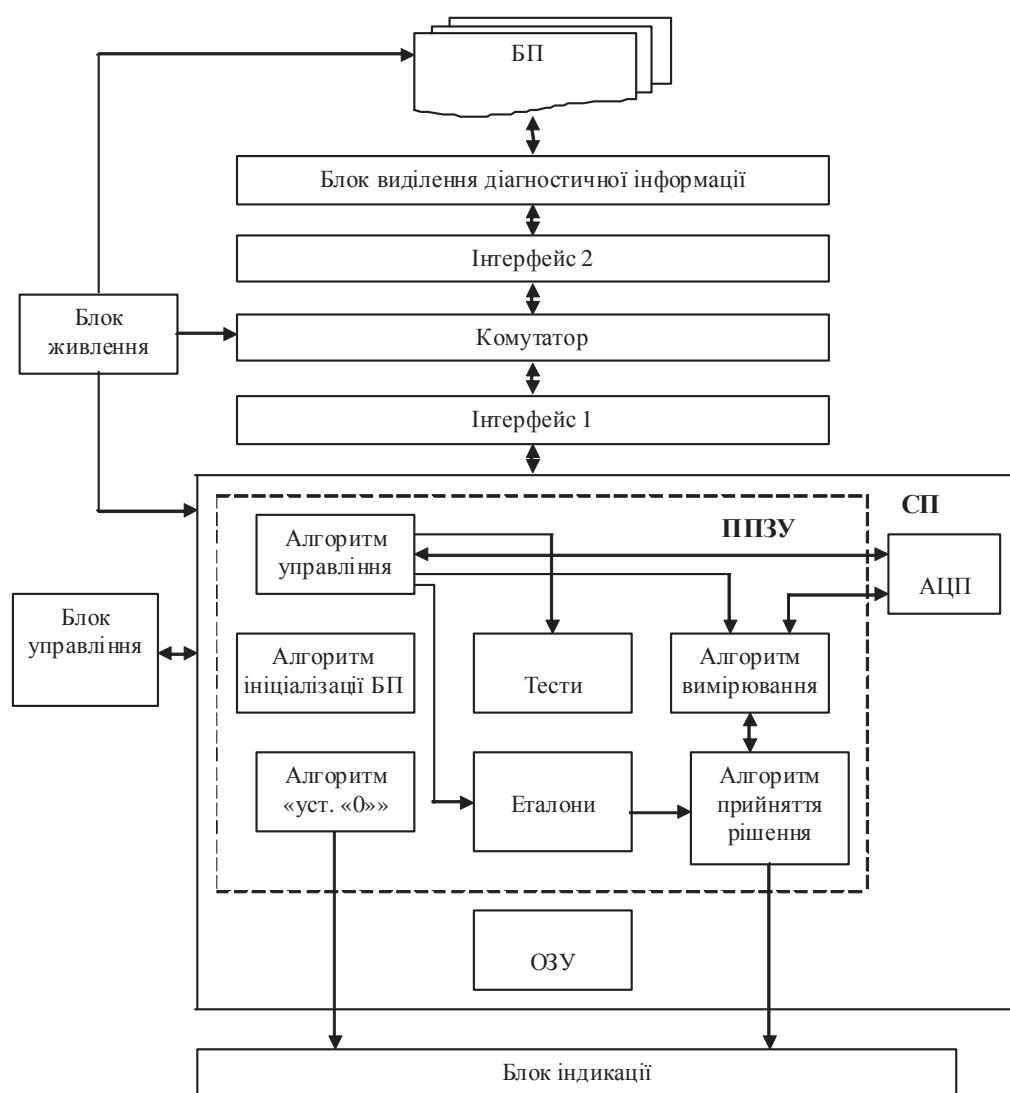


Рис. 1. Функціональна схема автономної автоматизованої системи технічного діагностування

- установки в вихідний стан “уст. “0”” всіх елементів АА СТД;
- “ініціалізації” модуля, що перевіряється за кодом, записаним на ньому;
- вибору операції: “контроль ТС” або “локалізація” несправних РЕК;
- “Пуск” алгоритмів сигнального процесора.

Управління проводиться за допомогою управляючих сигналів, код яких відповідає наступним операціям:

- 00000001 – “уст. “0””;
- 00000010 – “ініціалізація”;
- 00000011 – “контроль ТС”;
- 00000100 – “локалізація”;
- 00000101 – “Пуск”.

1. Блок інтерфейсу 1 (ІФ1), що призначений для обміну інформацією між комутатором і сигнальним процесором.

2. Блок інтерфейсу 2 (ІФ2), що призначений для обміну інформацією між датчиками діагностичної інформації, блоком виділення діагностичної інформації, комутатором і сигнальним процесором.

3. Комутатор (КОМ), що призначений для переключення сигнальних і силових каналів за командою сигнального процесора.

4. Блок індикації (БІ), що призначений для реєстрації й індикації результатів “контролю ТС” і “локалізації” несправного радіоелектронного компонента.

5. Сигнальний процесор (СП), що призначений для управління процесом діагностування. В ППЗУ сигнального процесора, записується:

- алгоритм управління (АУ), що керує всіма складовими елементами СП;
- алгоритм “ініціалізації” (АІ), що проводить ініціалізацію БП;
- алгоритм “уст. “0”” (АУ0), що проводить установку в вихідний стан усіх елементів АА СТД;

- тести для модулів, що перевіряються;
- еталонні значення верхнього і нижнього допусків діагностичних параметрів

$x_e^h$  і  $x_e^b$ ;

- алгоритм вимірювання (АВ), що керує АЦП і синхронізує сигнал виходу з АЦП і алгоритмом прийняття рішення;

- алгоритмом прийняття рішення (АПР) дозволяє прийняти рішення про ТС модуль, що перевіряється, і визначити несправний РЕК за локалізації несправності.

При проведенні діагностування АА СТД (рис. 1) діагностична інформація з модулів, що перевіряються, знімається в наступних місцях:

- при використанні енергодинамічного метода БВДІ підключається до шини живлення модуля, що перевіряється;

- при використанні електромагнітного метода БВДІ підключається до “антен” при локалізації несправного РЕК і до однієї загальної “антени” при визначенні ТС модуля, що перевіряються;

- при використанні динамічного метода БВДІ підключається до відповідних виходів модуля, що перевіряються. При цьому до складу БВДІ входить тільки підсилювач (повторювач, драйвер і т.п.).

Автономна автоматизована система технічного діагностування передбачає проведення діагностування аналогових і цифрових модулів об’єктів РЕТ. Спочатку

визначається технічний стан радіоелектронних модулів, що підозрюються в несправності функціональним методом. Потім для кожного несправного радіоелектронного модуля проводиться локалізація несправного радіоелектронного компонента.

Робота автономної автоматизованої системи технічного діагностування проводиться за наступним алгоритмом.

1. Провести комутацію модуля, що перевіряється з АА СТД.
2. Натиснути кнопку “Вкл”. При цьому включається блок живлення, із якого напруга живлення подається на:
  - блок управління;
  - блок індикації;
  - сигнальний процесор;
  - комутатор, для формування діагностичного номера БП (для всіх БП використовується один і той же контакт);
  - інтерфейси ІФ1 і ІФ2.
3. Натиснути кнопку “уст. “0””. При цьому код “уст. “0”” подається в ППЗУ і запускає алгоритм АУ0, що проводить установку в вихідний стан наступні елементи АА СТД:
  - ОЗУ сигнального процесора;
  - блок індикації;
  - блок управління;
  - комутатор;
  - інтерфейси ІФ1 і ІФ2.
4. Натиснути кнопку “ініціалізація”. При цьому код “ініціалізація” подається в ППЗУ й запускає алгоритм АІ, що проводить ініціалізацію БП:
  - АІ на ІФ1 на “КОМ” на ІФ2 на БП запит коду ініціалізації;
  - з ПБ коду діагностичного номера на ІФ2 на “КОМ” на ІФ1 на ППЗУ на АІ;
  - АІ на ІФ1 на “КОМ” на ІФ2 на БВДІ на БП – комутуються всі ланцюги БП і БВДІ відповідно до коду діагностичного номера (формувачу тестів до входів і виходів  $R_k$  або “антени”).
5. Натиснути кнопку “контроль ТС”. При цьому АУ на ОЗУ відповідно до діагностичного паспорта записує тести, еталони й запускає:
  - алгоритм вимірювання, що керує АЦП і синхронізує сигнал виходу з АЦП, і алгоритм прийняття рішення;
  - алгоритм прийняття рішення, що дозволяє прийняти рішення про ТС модуля, який перевіряється.
6. Натиснути кнопку “локалізація РЕК”. При цьому АУ на ОЗУ відповідно до діагностичного паспорта записує тести, еталони і запускає:
  - алгоритм вимірювання, що керує АЦП і синхронізує сигнал виходу з АЦП, і алгоритм прийняття рішення;
  - алгоритм прийняття рішення, що дозволяє прийняти рішення про місце несправного РЕК за локалізації несправності.

Обґрунтовано функціональну схему автономної автоматизованої системи технічного діагностування об’єкта радіоелектронної техніки спеціального призначення із застосуванням інформаційних технологій. Автономна автоматизована система технічного діагностування дає можливість проведення діагностування

аналогових і цифрових модулів об'єктів РЕТ динамічним, енергодинамічним і електромагнітним методами. Експериментальні дослідження показали, що при застосуванні зазначених методів діагностування виконуються вимоги прояву й транспортування будь-якого дефекту в контрольну точку. Основу для розробки АА СТД становлять інформаційні технології, а саме алгоритми виділення й обробки діагностичної інформації, алгоритми прийняття рішення про технічний стан аналогових і цифрових модулів, а також алгоритми локалізації несправного РЕК.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шкуліпа П.А. Застосування інформаційних технологій для побудови функціональної схеми автономної автоматизованої системи технічного діагностування об'єкта радіоелектронної техніки / П.А. Шкуліпа, М.К. Жердев, С.В. Ленков // Вісник інженерної академії України. – 2013. – № 1. – С. 95–98.
2. Шкуліпа П.А. Автономні автоматизовані системи технічного діагностування радіоелектронної техніки : моделі, методи, тести : Монографія / П.А. Шкуліпа, М.К. Жердев, С.В. Ленков, Б.П. Креденцер. – Одеса : Вид-во ВМВ, 2013. – 253 с.

Отримано 27.09.2013.