

В. В. Кузавков¹, к.т.н., **О. Г. Янковський²**, к.т.н.

¹*Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації Державного університету телекомунікацій, м. Київ*

²*Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса*

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ВЛАСНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ БЛОКІВ

Розглядається метод власного випромінювання для визначення технічного стану радіоелектронних блоків. Даний метод дозволяє проводити вимір діагностичних параметрів шляхом реєстрації електромагнітного поля в інфрачервоному діапазоні хвиль, що виникає при подачі на радіоелектронний блок тестового впливу.

Ключові слова: метод власного випромінювання, технічний стан, діагностичний параметр.

Вступ. Сучасні об'єкти радіоелектронної техніки (РЕТ), які є об'єднанням модулів різного фізичного виконання та призначення. Найважливіші показники об'єктів РЕТ на етапі експлуатації є показники надійності. Один з шляхів забезпечення заданої надійності - застосування нових ефективних методів технічної діагностики та розробка сучасних систем технічного діагностування. Інформаційні технології в таких системах використовуються для розробки діагностичних моделей об'єктів діагностування та алгоритмів побудови тестів діагностування.

Аналіз стану проблеми. До існуючих методів, що використовуються для проведення контролю технічного стану цифрових радіоелектронних блоків можна віднести методи параметричного, функціонального контролю, контролю по характеристикам вихідних сигналів, по показниках якості для аналогових радіоелектронних блоків і методи тестового контролю для цифрових радіоелектронних блоків [1 – 3].

В наслідок аналізу даних методів діагностування об'єктів РЕТ виявлено їх недоліки, основні з яких полягають у наступному:

- при визначенні технічного стану використовується значна кількість контрольних точок (для виміру великої кількості діагностичних параметрів), що впливає на об'єм апаратної частини системи технічного діагностування та тривалість і достовірність проведення контролю;
- методи і засоби діагностування, за темпами розвитку, значно відстають від радіоелектронних компонентів РЕТ;
- збільшення вартості сучасних систем діагностування обумовлено збільшенням ступені інтеграції радіоелементів, кількості зовнішніх виходів і режимів роботи РЕТ;
- побудовані на основі відомих методів системи технічної діагностики, не забезпечують

можливість контролю максимальної кількості різних типів аналогових і цифрових елементів, блоків і типових елементів заміни об'єктів РЕТ за умови забезпечення заданої достовірності проведення контролю технічного стану;

- при побудові систем технічного діагностування вкрай обмежене застосування інформаційних технологій, що обумовлено відсутністю напрацьованих алгоритмів отримання, обробки і управління діагностичною інформацією;

- відсутня можливість обміну інформацією з аналогічними системами (відсутня можливість доступу та взаємодії з локальними, регіональними, глобальними мережами та пошуковими системами);

- відсутність єдиного методологічного підходу, який би визначив основні принципи розробки нових ефективних методів технічного діагностування з використанням інформаційних технологій;

- необхідність реєстрації сигналів рівень яких дорівнює рівню шумів [3, 4].

Таким чином, існуючі підходи до систем контролю технічного стану цифрових радіоелектронних блоків не відповідають сучасним вимогам до систем цього класу. Тому необхідно вирішити наукову задачу, що полягає в дослідженні і розробці нових принципів і методів побудови автономних, універсальних, автоматизованих систем контролю технічного стану об'єктів РЕТ, які дозволяють визначати технічний стан з точністю до радіоелектронного компоненту, при відносно невеликих економічних затратах з заданими показниками якості.

Основна частина. В статті для вирішення поставленої задачі пропонується новий метод власного випромінювання для визначення технічного стану аналогових і цифрових радіоелектронних блоків.

Визначимо основні принципи, на яких ґрунтується даний метод діагностування.

Сутність методу власного випромінювання (надалі – методу) діагностування радіоелектронних блоків полягає в тому, що в якості діагностичних параметрів (ДП) використовуються параметри сигналів в інфрачервоному діапазоні хвиль (ІЧ), що виникає при подачі на радіоелектронний блок тестового впливу.

Слід зазначити, що особливий інтерес викликає діапазон 8 – 14 мкм, що повністю співпадає з найбільш широким вікном про-зорості атмосфери і такий, що відповідає максимальній випромінювальній здатності спостережуваних об'єктів в температурному діапазоні від – 50 до + 5000 С.

ІЧ діапазони 3–5.5 і 7–14 мкм є основою такого виду неруйнівного контролю як тепловий неруйнівний контроль. Це вид неруйнівного контролю, заснований на реєстрації змін теплових або температурних полів контрольованих об'єктів. При цьому метод неруйнівного контролю – метод власного випромінювання (надалі – метод), заснований на реєстрації параметрів власного випромінювання контрольованого об'єкту, будь-які процеси, що відбуваються в природі і людській діяльності, супроводжуються поглинанням і виділенням, змінюючи внутрішню енергію тіла, яка в стані термодинамічної рівноваги пропорційна температурі речовини. В результаті цього поверхні фізичних тіл набувають специфічного температурного розподілу.

В табл. 1 наведено характеристику запропонованого для діагностування технічного стану радіоелектронних блоків методу [5, 6].

Основним шляхом реалізації методу є створення апаратних засобів, що забезпечують перетворення температурного розподілу або інфрачервоного випромінювання у електричний сигнал або у видиме зображення. Реалізація можливостей методу, що забезпечує як виявлення внутрішніх дефектів в різних об'єктах зумовила створення широкого спектру тепловізійних апаратних засобів: портативних, мобільних, стаціонарних.

В основу принципу дії тепловізійних приладів покладено двовимірне перетворення власного теплового випромінювання від об'єктів і місцевості або фону, у видиме зображення. Тепловізійна техніка має ряд переваг і властивих тільки їй можливостей: виявлення віддалених тепло випромінюючих об'єктів незалежно від рівня природної освітленості, а також до певної міри – теплових або інших перешкод (диму, пилу і тому подібне).

Під пристроєм регістратора розуміється

пристрій перетворення сигналів ІЧ діапазону в електричні сигнали. Робота радіоелектронного блоку супроводжується зміною ІЧ поля над радіоелектронним компонентом (РЕК) при подачі діагностичного тесту.

Дану властивість доцільно використовувати для визначення технічного стану радіоелектронного блоку. Для цього вимірювальний пристрій – регістратор ІЧ випромінювання розміщується над (на) РЕК. При подачі діагностичного тесту в радіоелектронному блоці спрацьовують складові елементи що призводить до зміни сигналу – ІЧ поля власного випромінювання РЕК. На виході регістратора формується сигнал з певними параметрами. Наявність та параметри сигналу на регістраторі служить інформацією про факт роботи та стан РЕК радіоелектронного блоку.

Діагностична інформація, отримана за допомогою регістратора, надходить до блоку її обробки. На основі порівняння параметрів еталонних і отриманих сигналів, приймається рішення про технічний стан радіоелектронного блоку.

До переваг запропонованого методу слід віднести:

- відсутній вплив діагностуючого пристрою на радіоелектронний блок, що перевіряється;
- виключення необхідності застосування контактів та контрольних точок для проведення діагностики об'єкту;
- метод може бути застосовано як до існуючих зразків РЕК, так і до зразків що проектуються;
- використання запропонованого методу дозволяє значно зменшити час визначення технічного стану виробу (час пошуку несправного радіоелектронного компоненту).

Наукова новизна методу полягає у тому, що вперше, в якості ДП аналогових і цифрових блоків використовуються параметри сигналів власного випромінювання, що виникають в процесі функціонування блоку в інфрачервоному діапазоні хвиль.

Робота електричних схем заснована на декількох ключових формулах [6, 7]. Одна з основних – закон Джоуля:

$$P = I^2 R. \quad (1)$$

У багатьох випадках, елемент виробляє велику кількість теплоти через витік, окислення або кородування з'єднань. Це непередбачуване тепло свідчить про проблему. Крім того, холодні зони можуть бути показником відкритого контуру.

Таблиця 1 – Класифікація видів і методів неруйнівного контролю за фізичним процесом з моменту взаємодії фізичного поля з контрольованим об'єктом до здобуття первинної інформації.

Вид контролю (Умовне угруповання методів неруйнівного контролю, об'єднане спільністю фізичних принципів, на яких вони засновані)	Класифікація методів неруйнівного контролю		
	По характеру взаємодії (фізичних полів з контрольованим об'єктом безпосередня взаємодія поля контрольованим об'єктом)	По первинному інформативному параметру (одна з основних характеристик фізичного поля реєстрована після взаємодії цього поля з контрольованим об'єктом)	За способом здобуття первинної інформації (сукупність характеристик фізичного поля реєстрована після взаємодії цього поля з контрольованим об'єктом)
Тепловий неруйнівний контроль – вид неруйнівного контролю, заснований на реєстрації змін теплових або температурних полів контрольованих об'єктів, викликаних дефектами	Метод власного випромінювання (МВП) – метод неруйнівного контролю, заснований на реєстрації параметрів власного випромінювання контрольованого об'єкту	Теплометричний метод – метод неруйнівного контролю, заснований на реєстрації теплового потоку або величин, що його визначають	Пірометричний – метод неруйнівного контролю температури за допомогою візуальних або фотоелектричних пірометрів
		Термометричний метод – метод неруйнівного контролю, заснований на контактній або дистанційній реєстрації температури контрольованого об'єкту	Калориметричний – метод неруйнівного контролю, заснований на вимірюванні теплових ефектів (кількостей теплоти).

Зношування в електричній схемі починається відразу після вмикання схеми. Коли зношування розвивається істотно, буде збільшуватись і електричний опір – а значить і підвищиться виділення тепла, що викличе появу гарячої точки. Ця точка може бути виявлена за допомогою методу власного випромінювання.

Щоб розвинути ідею про те, в якій мірі погіршується стан гарячої точки, необхідно дослідити тенденції і оцінити всю систему. Дослідження тенденцій – "трендінг" – звичайна практика в програмах моніторингу стану. Трендінг найчастіше виражається у побудові залежності величини залежно від часу. У нашому випадку вертикальною складовою повинна бути функція температури. Ґрунтуючись на регулярних інтервалах вимірювань, можна отримати чисту картинку зміни стану схеми.

Наступна формула встановлює відношення корекції підняття температури в порівнянні з нормальною температурою (при охолодженні природною конвекцією і випромінюванням):

$$\Delta T_s = \Delta T_m \left(\frac{I_r}{I_m} \right)^{1,67} \quad (2)$$

Поправка підйому температури по відношенню до нормального струму (при охолодженні вимушеною конвекцією і випромінюванням):

$$\Delta T_s = \Delta T_m \left(\frac{I_r}{I_m} \right)^2 \quad (3)$$

де T_s – підйом температури, T_m – вимірний підйом температури, I_r – нормальний струм, I_m – вимірюваний струм.

У випадку, коли радіоелектронний блок знаходиться у справному стані, на виході вимірювального пристрою, що розташовано на (над) радіоелектронним компонентом, можна буде виміряти параметри $g(\tilde{\sigma})$, що характеризують поле власного випромінювання справного блоку.

У випадку, коли виникне несправність будь-якого радіоелементу радіоелектронного блоку, параметри $g(\tilde{\sigma})$ будуть змінені, що свідчить про несправність.

Достовірність діагностування радіоелектронного блоку в значній мірі залежить від правильності вибраних ДП, які в свою чергу, залежать від рішення ряду задач. Ці задачі за характером їх розв'язання можна умовно розбити на дві групи.

Перша група розглядає питання, що пов'язані з протіканням процесів безпосередньо у радіоелементах радіоелектронного блоку, що виникають у момент подачі діагностичного тесту.

У другій групі вирішуються питання можливості виявлення і фіксації параметрів сигналів

вимірювача, розрахунку ДП і їх використання для визначення ТС радіоелектронних блоків.

Для підтвердження теоретичних розрахунків було проведено експериментальне дослідження. Його результати показали, що сигнали наведені в вимірювальному пристрої адекватно відображують процеси, що відбуваються в радіоелектронному блоці незалежно від елементної бази цього блоку і їх можна використовувати у якості діаг-

ностичних параметрів. При оцінюванні ступенів розбіжності оцінок виміряних в ході експерименту параметрів сигналів і значень параметрів, розрахованих з використанням побудованої діагностичної моделі інтегральної схеми (IC-НСF 4011 ВЕ (2I-НІ)) було встановлено, що розбіжність оцінок не перевищує 10 %.

Порівняльна характеристика діагностичних параметрів наведена в табл. 2.

Таблиця 2 – Результати експериментального дослідження.

Час випробувань	Параметр, що контролюється			
	Визначений по ДМ	Нормований сигнал по ДМ	Виміряний в ході експерименту (нормований сигнал ДДС)	Розбіжність %
10 дБ	65	1,4	1,505	7,5
20 дБ	70	1,55	1,67	7,8
30 дБ	90	2,0	2,16	8
40 дБ	120	2,66	2,91	9,5

Висновки. Таким чином, в статті вирішена наукова задача, що полягає у розробці нового методу діагностування радіоелектронних блоків. Даний метод, подібно [4], можна взяти за основу для побудови ієрархічних, універсальних, автоматизованих систем технічної діагностики РЕТ, які дозволяють визначати технічний стан з точністю до радіоелектронного компоненту, при незначних економічних витратах, з відсутністю необхідності втручання в устаткування що перевіряється, 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 власного випромінювання, що виникають в процесі функціонування радіоелектронного блоку. Робота радіоелектронного блоку супроводжується зміною інфрачервоного поля навколо елементів блоку при подачі діагностичного тесту.

Доведено, що параметри сигналів власного випромінювання можливо використовувати у якості діагностичних параметрів радіоелектронного блоку.

Список використаних джерел

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

2. Шкуліпа П.А. Проблема розробки інформаційних технологій для побудови автоматизованих систем технічного діагностування об'єктів радіоелектронної техніки // Зб. наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України імені Б. Хмельницького. – Хмельницький, 2012. – № 58, ч. II – С. 165 – 166.

3. Шкуліпа П.А. Жердев М.К., Ленков С.В. Електромагнітний метод діагностування радіоелементів у складі радіоелектронних блоків. // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2013. – Вип. №41. – С. 93.

4. Цибизов К. Н., Пасечник С. Г. Военные линии радиосвязи и антенные устройства: Учеб. пособие. – Киев.: КВВИУС, 1987. – С. 80–83.

5. ГОСТ 18353-79 Группа Т59 Межгосударственный стандарт контроль неразрушающий., Классификация видов и методов., Nondestructive check. Classification of types and methods., МКС 19.100., Дата введения 1980-07-01., Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 11 ноября 1979 г. N 4245 дата введения установлена 01.07.80.

6. Вишнівський В.В., Кузавков В. В., Редзюк Є. В. Термографія як засіб пасивного контролю електричного устаткування // 7 наук.-практ. сем.: Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення., 24 жовтня 2013 р.: тез. доп. – К., 2013. – С. 86.

7. Вишнівський В.В., Кузавков В.В., Редзюк Є.В. Термографія як засіб пасивного контролю // 9 міжнародна наук.-практ. конф.: Війсь-

кова освіта і наука: сьогодення та майбутнє, 22 листопада 2013 р.: тез. доп. – К., 2013. – С.33.

Рецензент: д.т.н., професор Скачков В.В., Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса.

Надійшла до редакції 17.11.2014

В. В. Кузавков, к.т.н., О. Г. Янковский, к.т.н.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СОБСТВЕННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ БЛОКОВ

Рассматривается метод собственного излучения для определения технического состояния радиоэлектронных блоков. Данный метод позволяет проводить измерение диагностических параметров путем регистрации электромагнитного поля в инфракрасном диапазоне волн, которое возникает при подаче на радиоэлектронный блок тестового воздействия.

Ключевые слова: метод собственного излучения, техническое состояние, диагностический параметр.

V. V. Kuzavkov, PhD, O. G. Iankovskii, PhD

APPLICATION OF METHOD OF OWN RADIATION FOR TECHNICAL DIAGNOSTICS OF RADIO ELECTRONIC BLOCKS

The method of own radiation is examined for determination of the technical state of radio electronic blocks. This method allows to conduct measuring of diagnostic parameters by registration of the electromagnetic field in the infra-red range of waves, that arises up at a serve on the radio electronic block of test influence.

Keywords: method of own radiation, technical state, diagnostic parameter.

УДК 621.315

О. С. Корчевський, Л. В. Коломієць, д.т.н.

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ОПТИЧНОГО КАБЕЛЮ

У статті проводиться аналіз характеристик волоконно-оптичних кабелів (ВОК), систем передачі інформації за допомогою ВОК, методів їх виготовлення та випробувань, стану національного законодавства та нормативних документів щодо якості ВОК.

Ключові слова: волоконно-оптичні кабелі, система передачі інформації, виготовлення ВОК, випробування ВОК.

Постановка проблеми в загальному вигляді полягає у розгляді: конструкції волоконно-оптичного кабелю (ВОК), системи передачі інформації, вимог чинних нормативних документів щодо якості ВОК, методів їх виготовлення і випробування.

Мета статті: проаналізувати процес виробництва ВОК з точки зору повноти його метрологічного забезпечення; розглянути обладнання та прилади, які необхідно застосовувати при випробуваннях та сертифікації ВОК.

Як відомо сучасний розвиток науково-технічного прогресу у значній мірі визначається

швидкістю та обсягом передачі інформації.

Наряду з супутниковим зв'язком та радіорелейними лініями широке застосування знайшли системи передачі інформації на основі ВОК. Це дозволило суттєво розширити смугу пропускання і знайти всебічне використання цих систем в мережі зв'язку України для магістральних, зонавих і місцевих ліній.

Крім того, застосування систем передачі інформації на основі ВОК дає змогу вирішити технічну проблему електромагнітної сумісності і тим самим підвищити техніко-економічні показники всієї галузі зв'язку та забезпечити поетап-