

of the column with pinched and free ends is determined, which is caused by a non-stationary temperature field, where various values of the heat transfer coefficient between column and the environment were taken into account.

One of the most significant causes of increased danger for such structures is uneven heating and changes in the characteristics of strength and deformability of concrete during and after the fire. At the same time it is necessary to solve the issues connected with ensuring sustainable and reliable operation of building structures, including the influence of high temperatures, due to the adoption of appropriate materials or protective coatings. Thus, mathematical modeling of the processes of temperature fields in a stress-strain state of cylindrical structures can significantly increase accuracy of calculations, which contributes to the strength and reliability of engineering structures. The graphic dependences of radial, ring, and axial stresses from the radius are researched as a result of the temperature fields of different intensity on the rod elements are obtained and we have found radial displacement at different temperature.

Keywords: concrete, strength, temperature distribution, temperature stress, deformation, fire resistance.

УДК 681.35

DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.20.2019.8-13>

С.І. Глухов

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

ОСОБЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ ТА ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ ФІЗИЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ДЛЯ НОВОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ

В роботі показано використання методів фізичного діагностування для визначення технічного стану цифрових пристроїв блоків об'єктів радіоелектронної техніки. На відміну від методів функціонального діагностування, які сьогодні широко застосовуються, запропоновані методи дозволяють визначити реальний технічний стан даних пристроїв. Представлені фрагменти схем для пояснення механізмів отримання діагностичної інформації, а також графіки зміни діагностичних параметрів від часу, отримані в результаті проведення прискорених випробувань на надійність радіоелектронних компонентів як складових цифрових пристроїв. Показано, що причиною поступового виходу з ладу будь-якого блока або цифрового пристрою, як правило, є ендогенні фактори, в якості яких виступають деградаційні процеси, що відбуваються у кристалі напівпровідника, чим і була зумовлена актуальність проведення форсованих випробувань зазначених елементів.

Комплексне застосування діагностичної інформації, отриманої при використанні методів фізичного діагностування, а також результатів форсованих випробувань радіоелектронних компонентів запропоновано для побудови нової автоматизованої системи технічного діагностування радіоелектронної техніки, впровадження якої в сучасних воєнно-політичних умовах України дозволить не тільки заощадити значні кошти, а і покращити основні показники надійності зразків радіоелектронної техніки.

Ключові слова: радіоелектронні компоненти, радіоелектронна техніка, цифрові пристрої, технічний стан, методи фізичного діагностування, прогнозування.

Вступ

Постановка проблеми. Методи функціонального діагностування [1, 2], які сьогодні широко використовуються для визначення технічного стану цифрових пристроїв (ЦП) блоків об'єктів радіоелектронної техніки (РЕТ), передбачають надходження на їх входи тестових послідовностей, а визначення технічного стану проводиться на основі порівняння отриманих вихідних реакцій з еталонними. Рішення про справний технічний стан приймається у випадках відповідності даних реакцій. У цифровій техніці сигнали представлені у

виді двійкових послідовностей (порогових значень логічної одиниці та логічного нуля), що надає багато їй переваг в порівнянні з аналоговою. Втім, при критичних станах напівпровідників (стан виродження кристалів) інтегральних схем сигнали на виході ЦП будуть відповідати еталонним, що підтверджує складність застосування зазначених методів діагностування для визначення реального технічного стану складових блоків РЕТ та його прогнозування; крім того, стає практично неможливим визначення часу експлуатації, а також остаточного ресурсу безвідмовної роботи.

Методи фізичного діагностування [6–8], на відміну від методів функціонального діагностування, дозволяють визначати реальний технічний стан ЦП. Використання результатів прискорених випробувань радіоелектронних компонентів (РЕК) на надійність в комплексі з результатами діагностування, отриманими при застосуванні запропонованих методів дає можливість визначення перелічених параметрів та характеристик, що необхідно для побудови нової автоматизованої системи технічного діагностування (АСТД).

Метою статті є представлення особливостей отримання та обробки інформації з використанням методів фізичного діагностування для нової АСТД радіоелектронної техніки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Аналіз робіт [3–5] показав, що сьогодні у системі технічного діагностування РЕТ як складовій сучасної системи технічного обслуговування і ремонту (СТОіР) РЕТ використовуються методи функціонального та тестового діагностування, недоліки яких були зазначені вище. Основна увага в роботах приділяється вдосконаленню вмонтованих систем діагностування, які дозволяють визначати несправність на рівні блока об'єкта РЕТ, що призводить до використання агрегатних методів ремонту [1]. Блок, який визначений вмонтованою системою діагностування як несправний, містить більшість справних ЦП, оскільки несправним є 1-2. Раніше всі ЦП такого блока відправлялись на другий рівень системи технічного обслуговування і ремонту РЕТ (ремонтні органи), де за допомогою методів функціонального та тестового діагностування визначалися реально несправні, після чого решта, а це 10-15 справних ЦП, поверталась на перший рівень СТОіР (об'єкт РЕТ) для поповнення комплексу запасних інструментів та приладдя. Такі нераціональні переміщення призводили до збільшення середнього часу відновлення і, як наслідок, до зменшення коефіцієнта готовності як основної характеристики надійності об'єктів РЕТ.

У роботах [1; 3-5] було запропоновано зменшити середній час діагностування як складову середнього часу відновлення завдяки визначенню технічного стану всіх ЦП зі складу несправного блока на місцезнаходженні об'єкта РЕТ, тобто на першому рівні СТОіР. Крім підвищення показників надійності об'єкта РЕТ, це дозволило заощадити державні кошти на переміщення справних ЦП та інші видатки, пов'язані з проведенням діагностування. Важливо зазначити і те, що з кожним роком розмір цих видатків зростає.

Огляд останніх досліджень і публікацій показав, що недоліки сучасної СТОіР полягають у тому, що діагностування проводиться на рівні блока об'єктів РЕТ або ЦП як їх складових, при цьому вихід з ладу відбувається, як правило, на рівні невідновлювального елемента – РЕК. Крім того, зазначені причини не дозволяють проводити прогнозування стану ЦП як функцію технічної діагностики. Пояснення полягає в тому, що після застосування методів функціонального діагностування передбачати час виходу з ладу цифрових РЕК практично неможливо, навіть у випадках, коли вони мають критичні характеристики. Причиною цього є неможливість визначення цих характеристик та стану кристалу напівпровідника за допомогою існуючого арсеналу методів.

Основна частина

У попередніх роботах автора [6–8] була показана необхідність використання методів фізичного діагностування для отримання діагностичної інформації про стан ЦП блоків об'єктів РЕТ. Було показано, що комплексне застосування методів фізичного діагностування, результатів прискорених випробувань цифрових РЕК на надійність, створеної методики обробки діагностичної інформації доцільно використовувати для побудови нової АСТД радіоелектронної техніки і розглядати як методологію її побудови.

У даній роботі будуть представлені особливості отримання діагностичної інформації та її обробки з використанням методів фізичного діагностування. До першого з них відноситься енергостатичний метод, суть якого була представлена у роботах [3, 5]. На рис. 1 представлений фрагмент структурної схеми ЦП, до корпусної шини якого включений опір, значення напруги на якому використовується в якості діагностичного параметра.

При цьому напруга вимірюється у сталому режимі. Виконання умови транспортування дефекту було підтверджено експериментально. При виході з ладу цифрового РЕК рівні сигналів на виході ЦП та у контрольній точці, яка являє собою опір корпусної шини, змінюються. Отже вихід зі строю будь-якого цифрового РЕК відіб'ється на значенні напруги опору [3, 5]. Застосування енергостатичного методу запропоновано на першому рівні СТОіР, що дозволить визначати несправні ЦП зі складу блока на місці знаходження об'єкта РЕТ. Це дозволить заощаджувати кошти на переміщення групи ЦП на другий рівень СТОіР, як це здійснюється у сучасній СТОіР, а також зменшити середній час діагностування і, як наслідок, середній час відновлення. Наслідком цього стане підвищення коефіцієнта готовності як основної характеристики надійності. З точки зору часових характеристик отримання діагностичної

інформації треба зазначити його зручність та простоту, оскільки кількість контрольних точок обмежується однією. Розглянуте дозволяє зробити висновок щодо переваг застосування енергостатичного методу діагностування.

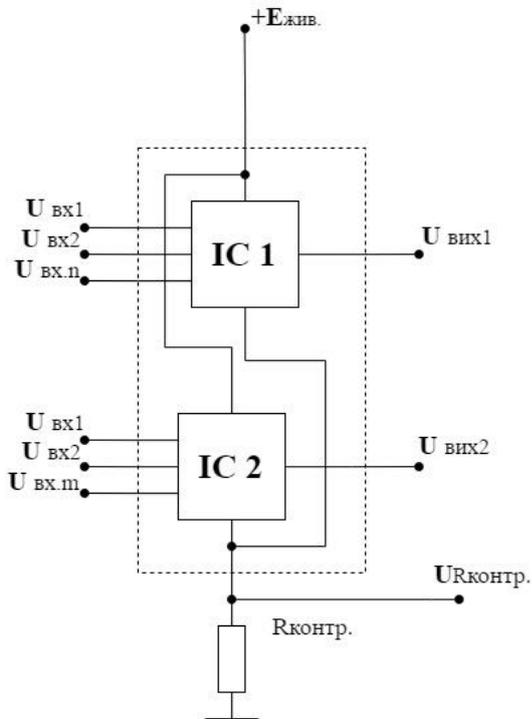


Рис. 1. Фрагмент цифрового пристрою з контрольною точкою для енергостатичного методу діагностування

На рис. 2 показано використання залежності діагностичного параметра радіоелектронного компоненту від часу для визначення технічного стану з використанням енергостатичного методу діагностування.

$U_{вх1}, U_{вх2}, \dots, U_{вхn}$ – значення входних напруг,
 $E_{жив}$ – напруга живлення цифрового пристрою,
 $U_{вих1}, U_{вих2}$ – значення вихідних напруг,
 $R_{контр.}$ – значення корпусного опору,
 $U_{Rконтр.}$ – значення діагностичного параметра.

В якості діагностичного параметра для енергодинамічного методу [7] діагностування використовується інформація від двох джерел, а саме: параметрів енергодинамічного процесу та вихідних реакцій ЦП. Зважаючи на дуже коротку тривалість імпульсів струму квазікороткого замикання, отриманих в шині живлення ЦП, обробку діагностичної інформації, в якості якої використовується спектральна щільність потужності цих імпульсів, було проведено у частотній області, а не в часовій. На основі порівняння спектральної щільності одержаних імпульсів і еталонних робиться висновок щодо технічного стану елементів.

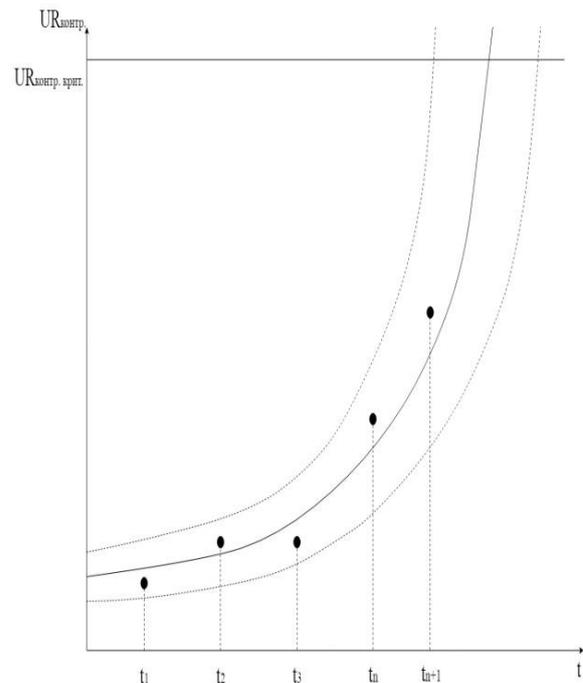


Рис. 2. Використання залежності діагностичного параметра радіоелектронного компонента від часу для визначення технічного стану з використанням енергостатичного методу діагностування

На рис. 3 представлений фрагмент ЦП з контрольною точкою для енергодинамічного методу діагностування, а на рис. 4 – використання залежності діагностичного параметра радіоелектронного компоненту від часу для визначення технічного стану з використанням даного методу діагностування.

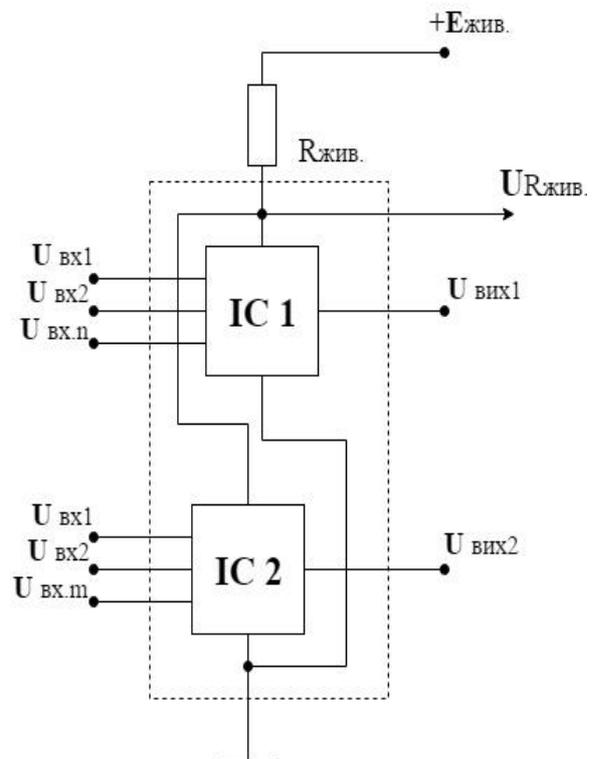


Рис. 3. Фрагмент цифрового пристрою з контрольною точкою для енергодинамічного методу діагностування

$U_{вх1}, U_{вх2}, \dots, U_{вхn}$ – значення вхідних напруг,
 $U_{вих1}, U_{вих2}$ – значення вихідних напруг,
 $E_{жив}$ – напруга живлення цифрового пристрою,
 $R_{жив}$ – значення опору ланцюга живлення,
 $U_{Ржив}$ – значення діагностичного параметра.

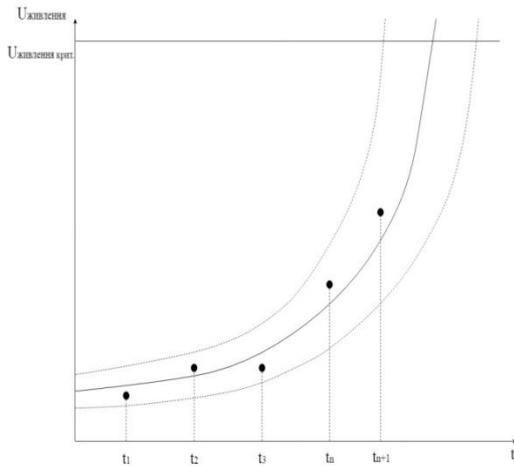


Рис. 4. Використання залежності діагностичного параметра радіоелектронного компонента від часу для визначення технічного стану з використанням енергодинамічного методу діагностування

Особливість електромагнітного методу [8] діагностування полягає у застосуванні без контактного знімання діагностичної інформації з ЦП з використанням антени, яка накладається на нього (рис. 5). Він виключає не тільки необхідність використання вихідних контактів ЦП, а і будь-яких додаткових включень до нього. При перемиканні логічних елементів цифрового РЕК навколо нього виникає електромагнітне поле, наслідком чого є виникнення імпульсної електрорушійної сили в антені. В якості діагностичної інформації використовується послідовність відеоімпульсів, які генеруються в антені.

Обробка діагностичної інформації проводиться на основі її порівняння з інформацією, що отримана в результаті проведення форсованих випробувань на надійність РЕК. Тому діагностична модель розраховується з урахуванням значень діагностичного параметра, отриманих у цих випробуваннях. Результатом є визначення технічного стану ЦП і висновок щодо подальшої його експлуатації.

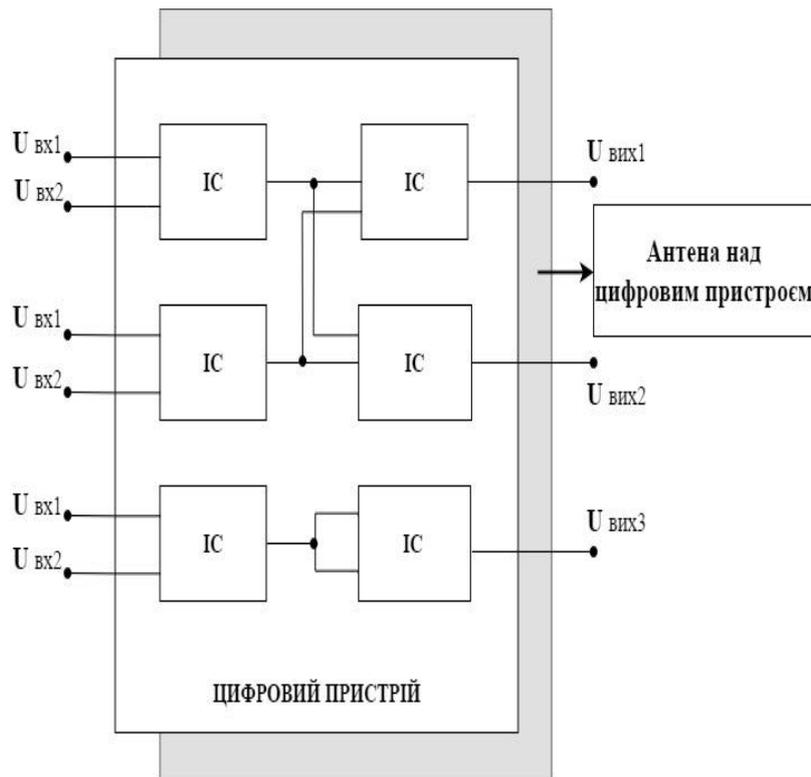


Рис. 5. Фрагмент цифрового пристрою з контрольною точкою для електромагнітного методу діагностування

Крім зазначених вище, даний метод може застосовуватись до існуючих та перспективних цифрових пристроїв, побудованих на елементній базі третього і четвертого покоління. На відміну від існуючих пристроїв знімання інформації, антена як контрольна точка має незначний вплив на "власну" надійність РЕК цифрових пристроїв. Суттєвою

перевагою даного методу є скорочення часу діагностування. На рис. 6 показано використання залежності діагностичного параметра РЕК від часу для визначення технічного стану з використанням електромагнітного методу діагностування.

$U_{вх1}, U_{вх2}$ – значення вхідних напруг,
 $U_{вих1}, U_{вих2}, U_{вих3}$ – значення вихідних напруг.

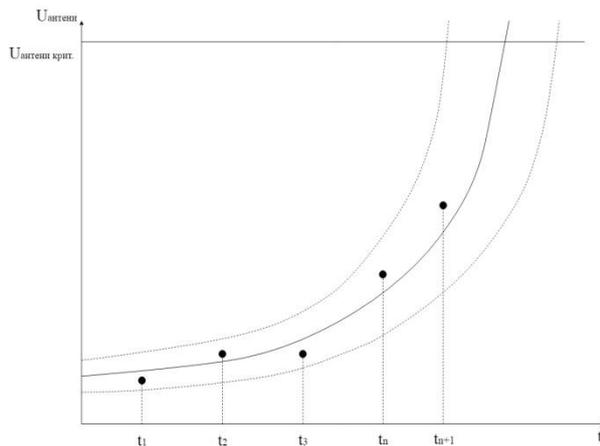


Рис. 6. Використання залежності діагностичного параметра радіоелектронного компонента від часу для визначення технічного стану з використанням електромагнітного методу діагностування

З огляду на вирішення функції технічної діагностики, яка полягає у прогнозуванні технічного стану об'єктів РЕТ, виникла задача визначення інтервалу прогнозування технічного стану ЦП, рішення якої було запропоновано у попередніх роботах автора.

Важливо зазначити те, що у об'єктах РЕТ, які відносяться до критичної інфраструктури, зокрема на атомних електростанціях, відповідно до “принципу однієї відмови”, з метою покращення характеристик надійності використовується багатократне резервування [9], кратність якого сягає 4. Це призводить до колосальних додаткових фінансових витрат з боку держави.

Комплексне використання методів фізичного діагностування, вільних від недоліків методів функціонального діагностування, та результатів форсованих випробувань, запропоновано для побудови нової АСТД [10], впровадження якої дозволить здійснювати функції діагностування ЦП, локалізацію несправних радіоелектронних компонентів зі складу ЦП, прогнозування технічного стану та визначення його остаточного ресурсу. Структура нової АСТД, на відміну від існуючої, може бути як трирівневою, так і дворівневою. Принципово новим є те, що вона буде включати центри обробки діагностичної інформації, що дозволить здійснювати обмін, зберігання та обробку. Наслідком використання діагностичної інформації, отриманої завдяки методам фізичного діагностування, в подальшій роботі АСТД стане корегування залежностей діагностичного параметра від часу, що позитивно вплине на результати діагностування та прогнозування технічного стану [11].

Реалізація в сучасних воєнно-політичних умовах держави нової АСТД [10] дозволить не тільки заощадити значні кошти, а і покращити основні показники надійності зразків РЕТ, а саме: збільшити середній час наробітку на відмову та

зменшити середній час відновлення, що призведе до збільшення коефіцієнта готовності як основної характеристики надійності РЕТ на 10–15%.

Висновки

1. У статті показані переваги методів фізичного діагностування над методами функціонального діагностування.

2. Представлені фрагменти схем з контрольними точками, в яких проводиться знімання діагностичної інформації для різних методів фізичного діагностування, а також показані механізми її отримання.

3. Представлені залежності діагностичних параметрів від часу, встановлені в результаті проведення форсованих випробувань радіоелектронних компонентів на надійність.

4. Показано, що рішення про технічний стан проводиться на основі порівняння значень діагностичних параметрів, отриманих з використанням методів фізичного діагностування та форсованих випробувань.

5. Запропоновано комплексне застосування методів фізичного діагностування та результатів форсованих випробувань радіоелектронних компонентів для побудови нової автоматизованої системи технічного діагностування радіоелектронної техніки, впровадження якої дозволить заощадити значні кошти державі та покращити основні характеристики надійності радіоелектронної техніки.

Список літератури

1. Діагностування аналогових і цифрових пристроїв радіоелектронної техніки. Монографія / В.В. Вишнівський, М.К. Жердев, С.В. Ленков, В.А. Проценко. – Під ред. М.К. Жердева, С.В. Ленкова – К.; ТОВ «Компанія ЛІК», 2009. – 224 с.
2. Жердев М.К. Побудова функціональних перевіряючих тестів для енергодинамічного та електромагнітного методів діагностування / М.К. Жердев, С.В. Ленков, П.А. Шкуліна // Журнал Харківського університету Повітряних Сил ім. І.Кожуба «Системи обробки інформації». – Харків, 2013. – № 1 (108). – С. 49–52.
3. Жиров Г.Б. Узагальнена діагностична модель цифрової ВІС для енергостатичного методу діагностування / Г.Б. Жиров // Вісник КНУ імені Тараса Шевченка. – К.: Київ. ун-т, 2005. – Сер. Військово-спеціальні науки, Вип. 11. – С. 54–60.
4. Гахович С.В. Метод діагностування цифрових ТЕЗ / С.В. Гахович // Зб. наук. пр. ВІПІ НТУУ “КПІ”. Вип. № 4. – К.: ВІПІ НТУУ “КПІ”, 2004. – С. 24–30.
5. Жердев М.К. Контроль технічного стану цифрових пристроїв енергостатичним методом / М.К. Жердев, В.В. Вишнівський, Г.Б. Жиров // Збірник наукових праць ВІПІ НТУУ “КПІ”. – К.: ВІПІ НТУУ “КПІ”, 2005. – № 1. – С. 51–57.
6. Ленков С.В. Методика розробки діагностичного забезпечення РЕТ на основі енергостатичного методу діагностування з використанням інформаційних технологій / С.В. Ленков, М.К. Жердев, І.В. Толк, С.І. Глухов, Г.Б. Жиров // Системи озброєння і військова техніка. –

Харків: Вид-во ХНУПС імені Івана Кожедуба, 2017. – Вип. № 4 (52). – С. 46 – 51.

7. Жердев М.К. *Діагностування радіоелектронної техніки на основі енергодинамічного методу: методика та інформаційне забезпечення* / М.К. Жердев, О.В. Селюков, С.І. Глухов, С.В. Гахович, М.М. Нікіфоров // Системи озброєння і військова техніка.– Харків: Вид-во ХНУПС імені Івана Кожедуба, 2018. – Вип. № 2 (54). – С. 23–30.

8. Глухов С.І. *Діагностування цифрових радіоелектронних компонентів типових елементів заміни радіоелектронної техніки з використанням електромагнітного методу у військових ремонтних органах* / С.І. Глухов // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К., 2009. – № 21. – С. 42–45.

9. Василюшин В.І., Чечуй О.В., Женжера С.В., Глушко А.П. *Основи теорії надійності та експлуатації радіоелектронних систем ХНУПС*, 2018. – 268 с.

10. Глухов С.І. *Методика діагностування та прогнозування технічного стану об'єктів РЕТ при використанні автоматизованої системи технічного діагностування* / С.І. Глухов, В.П. Романенко // Сучасні інформаційні технології та кібербезпека: наук.-практ. конф., 15-16 листопада 2018 р.: тези доп. – Київ, 2018. – С. 161–164.

11. Глухов С.І. *Прогнозування технічного стану радіоелектронної техніки на основі результатів форсованих випробувань з використанням методів фізичного діагностування* / С.І. Глухов // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К., 2018. – № 62. – С. 28–34.

Рецензент: доктор технічних наук, професор В.В. Вишнівський, Державний університет телекомунікацій, Київ.

Особенности получения и обработки информации с использованием методов физического диагностирования для новой автоматизированной системы технической диагностики радиоэлектронной техники

С.И. Глухов

В работе показано использование методов физического диагностирования для определения технического состояния цифровых устройств блоков объектов радиоэлектронной техники. В отличие от методов функционального диагностирования, которые сегодня широко применяются, предложенные методы позволяют определять реальное техническое состояние данных устройств. Представлены фрагменты схем для объяснения механизмов получения диагностической информации, а также графики изменения диагностических параметров от времени, полученные в результате проведения испытаний на надежность радиоэлектронных компонентов как составляющих цифровых устройств. Показано, что причиной постепенного выхода из строя любого блока или цифрового устройства, как правило, являются эндогенные факторы, в качестве которых выступают деградиационные процессы, происходящие в кристалле полупроводника, чем и была продиктована актуальность проведения форсированных испытаний указанных элементов.

Комплексное применение диагностической информации, полученной при использовании методов физического диагностирования, а также результатов форсированных испытаний предложено для построения новой автоматизированной системы технического диагностирования радиоэлектронной техники, внедрение которой в современных военно-политических условиях Украины позволит не только сэкономить значительные средства, а и улучшить основные показатели надежности образцов радиоэлектронной техники.

Ключевые слова: радиоэлектронные компоненты, радиоэлектронная техника, цифровые устройства, техническое состояние, методы физического диагностирования, прогнозирование.

Peculiarities of information obtaining and processing using physical diagnosis methods for a new technical diagnosis automated system of radio-electronics

S. Hlukhov

The author has shown the usage of physical diagnosis methods to determine technical state of digital devices of radio-electronics' blocks. Unlike the functional diagnosis methods widely used nowadays, the suggested methods allow to determine the real technical state of given devices. The pieces of diagrams have been depicted to explain mechanisms of obtaining diagnostic information as well as diagnostic parameter approximate functions of time obtained as a result of reliability tests of radio-electronic components as digital devices' elements. It has been shown that, as a rule, the reason for the gradual breakdown of any block or digital device was endopathic cause reflecting degradation processes occurring in semiconductor crystals. This instigated the urgency to conduct extreme tests of the given elements. The availability of obtained dependences makes it possible to determine the operating time of radio-electronic components with a high probability, predict their technical state and calculate the residual life of digital devices.

The depth of the research at this level is stipulated by the technical diagnosis' requirements for the isolation of faulty radio-electronic components, as well as practical interest in comparing critical values of the diagnostic parameter of such elements with those calculated in the course of extreme tests, which will have a positive impact on the accuracy of the diagnosis and prediction results.

The combined application of diagnostic information obtained using physical diagnosis methods and the extreme tests' results has been suggested to build a new Technical Diagnosis Automated System of radio-electronics. The introduction of this system in the current politico-military conditions in Ukraine would make it possible both to save considerable funds, and to improve the main reliability indexes of radio-electronics.

Keywords: radio-electronic components, radio-electronics, digital devices, technical state, physical diagnosis methods, forecasting.