

МЕТОДИКА ДІАГНОСТУВАННЯ ЦИФРОВИХ ПРИСТРОЇВ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ ФІЗИЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТІВ ПРИСКОРЕНИХ ВИПРОБУВАНЬ

У рамках вирішення задач покращення характеристик надійності об'єктів радіоелектронної техніки було запропоновано комплексне використання методів фізичного діагностування (енергодинамічного, енергостатичного, електромагнітного) та результатів прискорених випробувань на надійність радіоелектронних компонентів. У роботі представлена методика діагностування цифрових пристроїв радіоелектронної техніки, застосування якої необхідно при побудові нової автоматизованої системи технічного діагностування радіоелектронної техніки, яка, на відміну від існуючої, дозволить з достатньо високою достовірністю визначати реальний технічний стан об'єктів та проводити його прогнозування, що є функціями технічної діагностики. Прийняття рішення при виконанні зазначених функцій буде ґрунтуватись на порівнянні значень діагностичних параметрів, отриманих при використанні зазначених методів, з теоретичними, розрахованими на основі результатів прискорених випробувань радіоелектронних компонентів на надійність.

Застосування методики дозволить збільшити середній час наробітку на відмову, зменшити середній час діагностування, і, як наслідок, збільшити комплексний показник надійності - коефіцієнт готовності об'єктів діагностування. Крім того, впровадження нової автоматизованої системи технічного діагностування як складової системи технічного обслуговування і ремонту радіоелектронної техніки, в скрутних економічних умовах України дозволить заощаджувати значні фінанси державі, які витрачаються з метою підвищення надійності шляхом резервування складових частин зазначених об'єктів.

З огляду на виконання постійно зростаючих вимог щодо забезпечення високих показників надійності не виключається можливість рішення питання створення дворівневої системи технічного обслуговування і ремонту замість існуючої трьохрівневої шляхом об'єднання ремонтних органів з підприємствами промисловості. При цьому діагностична інформація, яка отримана з використанням методів фізичного діагностування, буде надходити у центр обробки діагностичної інформації як новий структурний підрозділ заводу радіоелектронної апаратури.

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

Постановка проблеми. Надійність радіоелектронної техніки (РЕТ), від працездатності якої залежить безпека громадян, визначається декількома факторами. Одним з найважливіших з них є діагностичне забезпечення, яке являє собою сукупність методів та засобів діагностики, персоналу та документації. Відомо, що функціями технічної діагностики є визначення технічного стану, локалізація дефектних елементів, моніторинг та прогнозування технічного стану. Для визначення технічного стану об'єктів РЕТ в існуючій системі технічного діагностування (СТД), яка є елементом системи технічного обслуговування і ремонту (СТОіР) РЕТ, широко використовуються методи функціонального діагностування [1,2]. При їх застосуванні на входи цифрових пристроїв (ЦП) блоків РЕТ надходять перевірочні тестові послідовності, а визначення технічного стану проводиться на основі порівняння вихідних реакцій з еталонними. У випадках відповідності даних реакцій приймається рішення про справний технічний стан, в інших випадках - про несправний. Зважаючи на те, що сигнали у цифрових схемах являють собою комбінації “нулів” та “одиниць”, реакції на їх виходах будуть відповідати справному стану навіть при критичних станах радіоелектронних компонентів, з яких складаються ЦП.

Вимоги до РЕТ передбачають збільшення коефіцієнту готовності як комплексної характеристики надійності. Сучасна СТОіР РЕТ є трирівневою, на першому рівні якої розташовані об'єкти РЕТ (радіолокаційні станції, комплексні засоби автоматизації, програмно-керовані комплекси, засоби зв'язку, засоби спеціального зв'язку, аеродромне обладнання, атомні електростанції, космічна техніка). На даному рівні СТОіР діагностування

та локалізація несправності проводиться за допомогою вбудованої системи контролю на рівні блоку об'єкта РЕТ, а її усунення проводиться агрегатним методом. При цьому у блоці, який визначений несправним, дійсно несправними є 1-2 ЦП, решта, а це 13-19 ЦП, є справними [2]. Для визначення несправних вся група ЦП зі складу такого блоку відправлялась на другий рівень СТОіР, де за допомогою пристроїв діагностування і визначались дійсно несправні. Важливо відмітити те, що відстані між рівнями СТОіР складають сотні кілометрів, що збільшує середній час відновлення, і, як наслідок, зменшує коефіцієнт готовності. З викладеного вище витікає протиріччя між вимогами до характеристик надійності РЕТ та можливостями сучасної СТОіР щодо їх забезпечення. Окремо треба зазначити, що глибина діагностування на рівні блоку не є достатньою, оскільки вихід зі строю відбувається, як правило, на рівні радіоелектронного компоненту або міжз'єднання. Втім рішення про здійснення контролю технічного стану на рівні ЦП є суперечливим та не виправданим, оскільки воно вимагає суттєвих конструктивних змін та значно збільшує фінансові витрати з боку держави.

Розв'язання зазначених протиріч запропоновано за рахунок побудови нової автоматизованої системи технічного діагностування (АСТД), в якій, на відміну від існуючої, для отримання діагностичної інформації використовуються методи фізичного діагностування, вільні від недоліків методів функціонального діагностування. Зважаючи на це, виникла необхідність розробки методики діагностування цифрових пристроїв РЕТ на основі методів фізичного діагностування та результатів прискорених випробувань на надійність радіоелектронних компонентів, що є **метою статті**.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз робіт [3-7] показав, що в сучасній СТОіР на першому її рівні для визначення технічного стану об'єктів РЕТ використовуються вбудовані системи контролю. Удосконалення зазначених систем контролю за рахунок застосування запропонованих методів діагностичної інформації дозволяє покращити коефіцієнт готовності як комплексний показник надійності [3-7]. Незважаючи на це, суттєвими недоліками є те, що при застосуванні даних систем контролю рівень глибини діагностування залишається незмінним. З огляду на це, можна зробити висновок, що напрямок подальшого удосконалення діагностичного забезпечення має бути спрямований на розвиток та застосування методів і засобів, які дозволяють проводити діагностування на рівні ЦП та радіоелектронних компонентів та визначати їх реальний технічний стан.

З метою підвищення коефіцієнту готовності за рахунок зменшення часових і транспортних витрат у роботах [3-7] було запропоновано проведення діагностування ЦП зі складу блоків на першому рівні СТОіР, при цьому діагностуванню підлягають всі ЦП блоку, який визначений вбудованою системою контролю несправним. Після визначення несправного ЦП його відправляють на другий рівень СТОіР – у ремонтні органи для локалізації несправності та проведення ремонту. Такі дії дозволяють уникнути нераціональних переміщень справних ЦП зі складу зазначених блоків, а також мати більш повним комплект запасних інструментів та приладдя, наслідком чого стає зменшення середнього часу відновлення. З огляду на викладене вище, видно, що у наукових роботах [3-7] покращення показників надійності запропоновано проводити шляхом зменшення середнього часу відновлення завдяки зменшенню його складових, а саме часу транспортування, часу діагностування, часу ремонту і проводиться вже після виходу зі строю тих чи інших ЦП.

У [3] запропонована побудова функціональних перевіряючих тестів для енергодинамічного та електромагнітного методів діагностування, при цьому визначення реального технічного стану є ускладненим з викладених вище причин. У [4] запропоновано використання енергодинамічного методу діагностування, при цьому визначення технічного стану проводиться на основі прийняття діагностичного параметра (ДП) значення або “в межах” або “поза межами”, тобто не досліджена “поведінка” ДП. У [5,6] визначена проблема побудови АСТД інформаційних систем та автономних автоматизованих систем діагностування. Показані шляхи підвищення ефективності роботи зазначених систем, але за рахунок використання інших методів отримання діагностичної інформації, при цьому глибина

діагностування залишилась незмінною. У [7] показані особливості проведення тестування різних пристроїв, але при цьому використовуються методи, недоліки яких розглянуті у вступі даної статті.

Втім збільшення коефіцієнту готовності можна досягти іншим шляхом, а саме завдяки збільшенню середнього часу наробітку на відмову, що забезпечить проведення прогнозування технічного стану та своєчасну заміну складових, які мають критичний стан.

Усунення ряду недоліків сучасної СТОіР можливо завдяки створенню нової АСТД як складової СТОіР, в якій отримання діагностичної інформації буде проводитись з використанням методів фізичного діагностування, а її обробка – з врахуванням результатів форсованих випробувань радіоелектронних компонентів на надійність.

Основна частина. В основу методики діагностування цифрових пристроїв радіоелектронної техніки покладені методи фізичного діагностування та результати прискорених випробувань на надійність радіоелектронних компонентів. До зазначених методів відносяться енергодинамічний, енергостатичний, електромагнітний [8-10]. Було показано, що достовірність методів складає 0,95, 0,97, 0,97 відповідно. Комплексне використання зазначених методів фізичного діагностування дозволить досягти збільшення достовірності до 0,99995, що особливо важливо для об'єктів критичної інфраструктури держави.

Для обробки діагностичної інформації використовується наближена залежність ДП від часу [9,10], яка отримана в результаті проведення форсованих випробувань радіоелектронних компонентів як складових ЦП. Зважаючи на те, що вона має експоненційний характер, а також для спрощення операцій обробки діагностичної інформації було запропоновано розділити її на три ланки: пряму, криву, пряму. Межі, в границях яких технічний стан вважається справним, визначені лініями мінімальних та максимальних значень - “коридору” [9,10]. Важливо відмітити те, що з часом розкид значень ДП з причини виродження кристалів радіоелектронних цифрових компонентів збільшується [11], що має бути врахованим при обробці діагностичної інформації. У випадках, коли ДП приймає значення в межах від мінімального до максимального, приймається рішення про справний технічний стан, при цьому інтервали прогнозування обираються однаковими [12]. При виході значення ДП за межі встановленого “коридору”, інтервал часу між проведенням діагностування змінюється в залежності від різниці значень ДП, отриманих під час проведення попередніх перевірок. Формула розрахунку інтервалу часу та загальний алгоритм визначення часу наступної перевірки технічного стану були представлені у роботі [12].

Важливо зазначити, що отримані значення ДП (апостеріорна інформація) будуть зберігатися у базі знань АСТД, що дозволить порівнювати їх з теоретичними (апріорна інформація), отриманими у ході форсованих випробувань та корегувати залежність ДП від часу. Використання залежностей ДП від часу, отриманих у ході експлуатації об'єктів РЕТ, доцільно для заводів радіоелектронної апаратури для внесення змін у технічну документацію з метою отримання більш достовірного діагнозу та прогнозу технічного стану зразків РЕТ у майбутньому. Для цього у структурній схемі запропонованої АСТД передбачені зв'язки між ними та центрами обробки діагностичної інформації.

Методика діагностування цифрових пристроїв радіоелектронної техніки на основі методів фізичного діагностування та результатів прискорених випробувань на надійність радіоелектронних компонентів має містити наступне:

1. Призначення методики полягає у визначенні та прогнозуванні технічного стану цифрових пристроїв радіоелектронної техніки.
2. Сутність методики полягає у застосуванні методів фізичного діагностування (енергодинамічного, енергостатичного, електромагнітного) та результатів форсованих випробувань радіоелектронних компонентів на надійність.
3. Вихідними даними є: тип цифрового пристрою, характеристики радіоелектронних компонентів, методи діагностування, діагностичні моделі, залежності ДП від часу, значення розкидів діагностичного параметру.

4. Обмеження полягає в тому, що діагностування та прогнозування технічного стану проводиться для ЦП.

5. Припущення: засоби діагностування мають бути справними.

6. Математичний апарат ґрунтується на використанні теорії надійності РЕТ, теорії прогнозування та математичної статистики.

7. Алгоритм реалізації був представлений у попередніх роботах автора. Вихідними даними для нього є методи фізичного діагностування, діагностичні моделі, максимальні та мінімальні значення діагностичного параметру, розраховані в результаті проведення форсованих випробувань.

8. Ефект полягає у збільшенні середнього часу наробітку на відмову, наслідком чого стає збільшення коефіцієнту готовності зразку РЕТ на 10-15%. Завдяки комплексному використанню методів фізичного діагностування досягається збільшення достовірності до 0,999995.

9. Наукова новизна полягає в тому, що вперше запропоновано проводити діагностування та прогнозування технічного стану ЦП на основі комплексного використання методів фізичного діагностування та результатів форсованих випробувань на надійність радіoeлектронних компонентів.

10. Напрямок подальшого дослідження полягає у дослідженні “поведінки” діагностичного параметру на другій ланці графіку його залежності від часу, де ймовірність виходу за межі встановлених значень збільшується, а також в уточненні закону розподілу значення ДП.

Розроблена методика як елемент науково-методичного апарату – методології побудови автоматизованої системи технічного діагностування РЕТ впроваджена у Державному підприємстві “Науково-дослідний інститут “Квант” при розробці пристроїв діагностування зразків РЕТ, обробки діагностичної інформації, локалізації дефектних радіoeлектронних компонентів цифрових пристроїв та прогнозування їх стану. Це дозволило збільшити середній час наробітку на відмову на 20%, зменшити середній час діагностування на 15-20 %, збільшити коефіцієнт готовності на 20%.

Отримані 4 патенти [13-16] на корисну модель, що підтверджує новизну наукових результатів.

Висновки

1. Проведений аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що сьогодні для визначення технічного стану цифрових пристроїв блоків радіoeлектронної техніки використовуються методи тестового або функціонального діагностування. Застосування зазначених методів є недостатньо інформативним щодо встановлення реального технічного стану даних пристроїв, оскільки через непередбачуваний час після їх застосування вони можуть вийти та виходять зі строю. З цієї ж причини прогнозування технічного стану як функції технічної діагностики, а також визначення остаточного ресурсу, теж є ускладненим.

2. У статті показана доцільність використання методів фізичного діагностування (енергодинамічного, енергостатичного, електромагнітного), які на відміну від методів функціонального діагностування, дозволяють визначити реальний технічний стан цифрових пристроїв та з достатньо високою достовірністю проводити прогнозування їх технічного стану.

3. Представлена методика діагностування цифрових пристроїв радіoeлектронної техніки на основі методів фізичного діагностування та результатів прискорених випробувань на надійність радіoeлектронних компонентів, використання якої запропоновано в роботі нової автоматизованої системи технічного діагностування радіoeлектронної техніки.

4. Показано, що впровадження представленої методики дозволило збільшити середній час наробітку на відмову на 20%, зменшити середній час діагностування на

15-20 %, і, як наслідок, збільшити коефіцієнт готовності на 20%, що підтверджено актом впровадження результатів наукових досліджень.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Василишин В.І., Чечуй О.В., Женжера С.В., Глушко А.П. Основи теорії надійності та експлуатації радіоелектронних систем ХНУПС, 2018.- 268 с.
2. Діагностування аналогових і цифрових пристроїв радіоелектронної техніки. Монографія / Вишнівський В.В., Жердев М.К., Ленков С.В., Проценко В.А. - під ред. Жердева М.К., Ленкова С.В. – К.; ТОВ «Компанія ЛІК», 2009. – 224 с.
3. Жердев М.К., Ленков С.В., Шкуліпа П.А. Побудова функціональних перевіряючих тестів для енергодинамічного та електромагнітного методів діагностування // Журнал Харківського університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба «Системи обробки інформації». – Харків, - 2013. - №1(108). – С. 49 – 52.
4. Гахович С.В. Метод діагностування цифрових ТЕЗ // Зб. наук. пр. ВІТІ НТУУ “КПІ”. Вип. №4. – К.: ВІТІ НТУУ “КПІ”, 2004. – С. 24-30.
5. Вишнівський В.В. Проблема побудови автоматизованих систем технічного діагностування інформаційних систем / В.В. Вишнівський // Защита информации; сборник научных трудов. – Киев: НАУ, 2016. – Вып. 23. – С.165-176.
6. Вишнівський В.В. Проблема побудови та впровадження автономних автоматизованих систем діагностування радіоелектронного озброєння / В.В. Вишнівський, В.В. Кузавков, Г.І. Гайдур // Науковий журнал Інформаційна безпека Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля. - Луганськ: 2014. – Вип. №4(16). – С. 151-157.
7. Reddy S.M., Saluja K.K. and Karpovsky M.A. (1985), Data Compression Technique for Built-in Self Test: Digest of papers FTCS-15. IEEE Transactions on Computers, IEEE Computer Society Washington, DC, USA.
8. Глухов С.І. Діагностування цифрових радіоелектронних компонентів типових елементів заміни радіоелектронної техніки з використанням електромагнітного методу у військових ремонтних органах. Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К., 2009. – № 21. – С. 42 – 45.
9. Методика розробки діагностичного забезпечення РЕТ на основі енергостатичного методу діагностування з використанням інформаційних технологій / Ленков С.В., Жердев М.К., Толоч І.В., Глухов С.І., Жиров Г.Б. // Системи озброєння і військова техніка. – Харків: Вид. -во ХНУПС імені Івана Кожедуба, 2017. – Вип. №4(52). – С.46 – 51.
10. Діагностування радіоелектронної техніки на основі енергодинамічного методу: методика та інформаційне забезпечення / Жердев М.К., Селюков О.В., Глухов С.І., Гахович С.В., Нікіфоров М.М. // Системи озброєння і військова техніка. – Харків: Вид. -во ХНУПС імені Івана Кожедуба, 2018. – Вип. № 2 (54). – С.23 – 30.
11. Острейковский В.А. Теория надежности: Учеб. для вузов / В.А Острейковский. – М.: Высш. шк., 2003. – 463 с.: ил.
12. Глухов С.І. Обґрунтування вибору інтервалу прогнозування при використанні методів фізичного діагностування для цифрових пристроїв радіоелектронної техніки // Новітні технології. – Збірник наукових праць приватного вищого навчального закладу “Університет новітніх технологій”. – Київ, 2019. – Вип. № 1(8). – С. 151 – 157.
13. Електромагнітний спосіб локалізації несправних радіоелектронних компонентів радіоелектронних пристроїв: пат. 77934 Україна: МПК G05B 23/00, H01F 41/00. №u201300795; заявл.23.01.2013; опубл. 25.02.2013, Бюл. №4.
14. Електромагнітний спосіб локалізації непрацездатних радіоелектронних компонентів радіоелектронних пристроїв в частотній області: пат. 105269 Україна: МПК H02H 9/02 (2006.01), G01R 33/00. № u201509031; заявл. 21.09.2015; опубл. 10.03.2016, Бюл. №5.
15. Пристрій контролю працездатності та локалізації дефектів в сучасних цифрових радіоелектронних пристроях з використанням часових і амплітудних параметрів електромагнітного процесу при перехідному процесі в шині живлення: пат. 106889 Україна: МПК G05B 23/00. № u201511216; заявл. 16.11.2015; опубл. 10.05.2016, Бюл. №9.
16. Комбінований енергодинамічний спосіб контролю технічного стану радіоелектронних пристроїв в частотній області та вихідним реакціям: пат. 119792 Україна: МПК H05K 13/00, G05B 23/00. № u201703441; заявл. 10.04.2017; опубл. 10.10.2017, Бюл. № 19.

REFERENCES:

1. Vasilishin V.I. Fundamentals of the theory of reliability and operation of radio electronic systems / Vasilishin V.I., Chechui O.V., Zhenzera S.V., Glushko A.P., KNUPS, 2018, 268 p.

2. Diagnosis of analog and digital devices of electronic equipment. Monograph / Vishnivsky VV, Zherdiev M.K., Lenkov SV, Protsenko V.A. – ed. Zherdeva MK, Lenkova SV – K.; LLC "Company LIK", 2009, 224 p.
3. Zherdev M.K. Construction of functional checking tests for energy dynamical and electromagnetic methods of diagnostics / M.K. Zherdev, S.V. Lenkov, P.A. Shkulipa // Journal of Kharkiv University of Air Forces named after. I. Kozhedub "Systems of information processing". – Kharkiv, – 2013. – №1 (108). – P. 49-52.
4. Gakhovich S.V. Method of diagnosing digital TEZ // Prob. sciences VITI NTUU "KPI". Vol №4 – K.: VITI NTUU "KPI", 2004. – pp. 24-30.
5. Vyshnivs'kyj V.V. (2016). Problema pobudovy avtomatyzovanyh system tehničnogo diagnostuvannja informacijnyh system. *Zashhyta ynformacyj; sbornyk naučnyh trudov*. Kyev, NAU Publ., vol. 23, pp.165-176.
6. Vyshnivs'kyj V.V., Kuzavkov V.V., Hajdur H.I. (2014). *Problema pobudovy ta vprovadzhenia avtonomnykh avtomatyzovanykh system diahnostuvannia radioelektronnoho ozbrojennia*. [Problem of construction and introduction of the offline automated systems of diagnosing of radio electronic armament]. *Naukovyj zhurnal Informacija bezpeka Shidnoukrai'ns'kyj nacional'nyj universytet imeni Volodymyra Dalja. Lugans'k*. vol. No. 4(16). pp. 151-157.
7. Reddy S.M., Saluja K.K. and Karpovsky M.A. (1985), Data Compression Technique for Built-in Self Test: Digest of papers FTCS-15. IEEE Transactions on Computers, IEEE Computer Society Washington, DC, USA.
8. Glukhov S.I. Diagnostics of digital electronic components of typical replacement of electronic equipment using an electromagnetic method in military repair bodies. Collection of scientific works of the Military Institute of Kyiv National Taras Shevchenko University. – K., 2009. – No. 21. – pp. 42-45.
9. Lenkov S.V. Method of development of diagnostic provision of RET based on the energy-static method of diagnosis using information technologies / S.V. Lenkov, M.K. Zherdev, I.V. Tolko, S.I. Glukhov, G.B. Zhiron // Armament systems and military equipment. – Kharkiv: View of Ivan Kozhedubs, KNUPS, 2017. – Vol. No. 4 (52). – pp.46-51.
10. Zherdiev M.K. Diagnosis of electronic equipment on the basis of the electrodynamic method: methodology and information support / M.K. Zherdiev, O.V. Selyukov, S.I. Glukhov, S.V. Gakhovich, M.M. Nikiforov // Systems of armament and military equipment. – Kharkiv: View of Ivan Kozhedubs, KNUPS, 2018. – Vol. No. 2 (54). – pp.23-30.
11. Ostrejkovskij, V.A. (2003). *Teorija nadezhnosti*. Moscow, Vyssh. shk. Publ., 463 p.
11. Gluhov S.I. (2019). Obgruntuvannja vyboru intervalu prognozuvannja pry vykorystanni metodiv fizyčnogo diagnostuvannja dlja cyfrovych prystroi'v radioelektronnoi' tehniky. *Novitni tehnologii'*; *Zbirnyk naukovych prac' pryvatnogo vyshhogo navchal'nogo zakladu "Universytet novitnih tehnologii"*. Kyi'v, issue 1(8), pp. 151 – 157.
13. Gluhov S.I., Shkulipa P.A., Zherdjev M.K., Ljenkov S.V. and Banzak O.V. (2013). *Elektromagnitnyj sposib lokalizacii' nespravnyh radioelektronnyh komponentiv radioelektronnyh prystrojah*. [Electromagnetic method for the localization of faulty radioelectronic components in appliances], State Register of Patents of Ukraine, Kiev, UA, Pat. № 77934.
14. Gluhov S.I., Zherdjev M.K., Pampuha I.V., Dobrovol's'kyj V.B., and Shevchenko V.V. (2016). *Elektromagnitnyj sposib lokalizacii' nepracezdatnyh radioelektronnyh komponentiv radioelektronnyh prystroi'v v chastotnij oblasti*. [Electromagnetic method of locating inoperative radioelectronic components of various radioelectronic devices in the frequency domain], State Register of Patents of Ukraine, Kiev, UA, Pat. № 105269.
15. Gluhov S.I., Zherdjev M.K., Pampuha I.V., Shevchenko V.V., Vyshnivs'kyj V.V., Babij O.S. (2016). *Prystrij kontrolju pracezdatnosti ta lokalizacii' defektiv v suchasnyh cyfrovych radioelektronnyh prystrojah z vykorystannjam chasovyh i amplitudnyh parametriv elektromagnitnogo procesu pry perehidnomu procesi v shyni zhyvlennja*. [A device for monitoring the normal operation and localization of defects in the modern digital electronic devices using time and amplitude of the electromagnetic parameters of the process during the transition process in the power bus], State Register of Patents of Ukraine, Kiev, UA, Pat. № 106889.
16. Gluhov S.I., Pampuha I.V., Savran V.O., Levishhenko Je.V., Dobrovol's'kyj V.B. (2017). *Kombinovanyj energodynamichnyj sposib kontrolju tehničnogo stanu radioelektronnyh prystroi'v v chastotnij oblasti ta vyhidnym reakcijam*. [Combined power-dynamic method for controlling the technical state of radio-electronic devices in frequency domain and initial reactions], State Register of Patents of Ukraine, Kiev, UA, Pat. № 119792.

**МЕТОДИКА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ
РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ФИЗИЧЕСКОГО
ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И РЕЗУЛЬТАТОВ УСКОРЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ**

В рамках решения задачи улучшения характеристик надежности объектов радиоэлектронной техники было предложено комплексное использование методов физического диагностирования (энергодинамического, энергостатического, электромагнитного) и ускоренных испытаний на надежность радиоэлектронных компонентов. В работе представлена методика диагностирования цифровых устройств радиоэлектронной техники, применение которой необходимо для построения новой автоматизированной системы технического диагностирования радиоэлектронной техники, которая, в отличие от существующей, позволит с достаточно высокой достоверностью определять реальное техническое состояние объектов и проводить его прогнозирование, которые являются функциями технической диагностики. Принятие решения при выполнении отмеченных функций будет основываться на сравнении значений диагностических параметров, полученных при использовании отмеченных методов, с теоретическими, рассчитанными на основе результатов ускоренных испытаний.

Применение методики позволит увеличить среднее время наработки на отказ, уменьшить среднее время диагностирования, и, как следствие, увеличить комплексный показатель надежности - коэффициент готовности объектов диагностирования. Кроме того, внедрение новой автоматизированной системы технического диагностирования как составляющей системы технического обслуживания и ремонта радиоэлектронной техники, в сложных экономических условиях Украины позволит экономить значительные финансы государству, которые используются с целью повышения надежности путем резервирования составляющих указанных объектов.

Учитывая выполнение постоянно растущих требований по обеспечению высоких показателей надежности не исключается возможность решения вопроса создания двухуровневой системы технического обслуживания и ремонта вместо существующей трехуровневой путем объединения ремонтных органов с предприятиями промышленности.

При этом диагностическая информация, которая получена с использованием методов физического диагностирования, будет поступать в центр обработки диагностической информации как новое структурное подразделение завода радиоэлектронной аппаратуры.

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

Ph.D. Glukhov S.I.

**DIAGNOSTIC METHOD OF RADIO-ELECTRONICS DIGITAL DEVICES BASED ON THE
PHYSICAL DIAGNOSIS METHODS AND ACCELERATED TESTS RESULTS**

Integrated application of physical diagnosis methods (energy-dynamic, energy-static, electromagnetic) and accelerated reliability tests' results of radio-electronic components has been suggested as part of finding a solution to the issue of reliability performance enhancement of radio-electronic components. A diagnostic method of radio-electronics' digital devices is presented in the article. This method should be applied when establishing a new Technical Diagnosis Automated System that, unlike the present one, will allow to determine the real technical state of digital devices with a high probability and to carry out its forecasting, that are functions of technical diagnosis. Decision-making in fulfilling the above functions will be based on a comparison of values of diagnostic parameters obtained when using the aforementioned methods with theoretical values calculated based on accelerated reliability tests' results of radio-electronic components.

Application of this method will allow to increase the average time to failure, reduce the average time of diagnosis and, as a result, to increase integrated reliability indicator – the availability factor of the device under test. Introduction of a new Technical Diagnosis Automated System as a component of radio-electronics' Maintenance and Repair System will also allow to save considerable amounts of the State funds

spent to improve reliability by reserving components of the mentioned devices under the restricted economic conditions of Ukraine.

In view of the fulfilment of constantly growing requirements as for high reliability indicators it is possible to solve the issue by establishing a two-level Maintenance and Repair System instead of the current three-level system by merging repair units with industrial companies. Whereby diagnostic information obtained using physical diagnosis methods would be transmitted to the Diagnostic Information Processing Centre as a new structural unit of the Radio Electronic Equipment Company.

Key words: radio-electronic components, radio-electronics, digital devices, technical state, physical diagnosis methods, forecasting, reliability tests.