

РАДІОЕЛЕКТРОНІКА ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

RADIO ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS

УДК 681.3.06

УДОСКОНАЛЕНИЙ МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ НАДІЙНОСТІ ОБ'ЄКТІВ ЗІ ЗМІННОЮ СТРУКТУРОЮ

Бабій О. С. – старший викладач кафедри військово-технічної підготовки, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна.

Сакович Л. М. – канд. техн. наук, доцент, доцент спеціальної кафедри Інституту спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна.

Слюсарчук О. О. – канд. військових наук, старший науковий співробітник, старший дослідник Науково-дослідного інституту воєнної розвідки Головного управління розвідки міністерства оборони України, Київ, Україна.

Єлісов Ю. М. – канд. техн. наук, науковий співробітник Науково-дослідного інституту воєнної розвідки Головного управління розвідки міністерства оборони України, Київ, Україна.

Курята Я. Е. – начальник науково-організаційного відділу науково-дослідного центру, Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна.

АНОТАЦІЯ

Актуальність. Основна ідея – врахування можливості впливу прихованих дефектів на надійність багаторежимних радіоелектронних засобів зі змінною структурою, що не враховують відомі методи розрахунку показників надійності. Пропонується кількісна оцінка параметра потоку відмов виробів з врахуванням впливу на його значення накопичення прихованих дефектів.

Мета. Удосконалення методу оцінки надійності об'єктів зі змінною структурою врахуванням можливості виникнення прихованих дефектів під час використання за призначенням в окремих режимах роботи.

Метод. Використовується методологія оцінки значень показників надійності складних технічних систем. Метод, що розробляється, є розвитком алгоритму оцінки показників надійності багаторежимних об'єктів в напрямку врахування можливості появи і накопичення прихованих дефектів в підмножинах елементів об'єкту, які при його роботі в окремих режимах не використовують.

Результати. Отримані функціональні залежності часткових і комплексних показників надійності багаторежимних об'єктів від накопичення прихованих дефектів, які проявляються тільки під час технічного обслуговування або зміни режимів роботи. Рішення формалізовано у вигляді алгоритму, що використовує результати дослідної експлуатації виробів в якості вихідних даних.

Висновки. Наукова новизна полягає у розробці наступних інноваційних рішень: 1) вперше запропоновано враховувати наявність прихованих дефектів при оцінці надійності багаторежимних об'єктів зі змінною структурою; 2) вперше отримано і досліджено функціональні залежності впливу наявності прихованих дефектів на значення часткових та комплексних показників надійності. Практичне значення результатів полягає в тому, що це дозволяє на етапі дослідної експлуатації радіоелектронних засобів зі змінною структурою об'єктивно оцінити відповідність розрахунків необхідним значенням показників надійності завдяки врахуванню можливості появи прихованих дефектів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: оцінювання показників надійності, об'єкти зі змінною структурою, приховані дефекти.

АБРЕВІАТУРИ

БРО – багаторежимні об'єкти;
ЗВТ – засіб вимірювальної техніки;
ОЗС – об'єкти зі змінною структурою;
РЕЗ – радіоелектронні засоби;
УАД – умовний алгоритм діагностування.

НОМЕНКЛАТУРА

A – коефіцієнт готовності об'єкта;

A' – коефіцієнт готовності об'єкта без врахування прихованих дефектів;

α_i – коефіцієнт прихованих відмов в підмножині елементів L_i ;

α – середнє значення коефіцієнту прихованих відмов в об'єкті;

L_i – підмножина елементів, що використовується в режимі роботи i ;

Q_i – кількість визначених прихованих відмов в режимі роботи i ;

Q – загальна кількість відмов в об'єкті за час роботи T_p ;

K – середня кількість перевірок при пошуку дефекту;

K_i – середня кількість перевірок при відмові об'єкту в режимі роботи i ;

N_i – коефіцієнт врахування впливу прихованих дефектів на параметр потоку відмов;

P – ймовірність вірної постановки діагнозу;

$P(\tau)$ – ймовірність безвідмовної роботи засобів вимірювальної техніки в міжперевірочний період τ ;

p – ймовірність вірної оцінки результату виконання перевірки;

R – кількість підмножин елементів залежно від режимів роботи;

T – наробіток об'єкту на відмову;

T' – наробіток об'єкту на відмову без врахування прихованих дефектів;

T_a – середній час відновлення об'єкту;

T_a' – середній час відновлення об'єкту без врахування прихованих дефектів;

T_{ap} – розрахунковий час відновлення об'єкту при відмові;

T_{ap}' – розрахунковий час відновлення об'єкту без врахування прихованих дефектів;

T_{an} – припустиме значення середнього часу відновлення виробу після відмови;

T_i – загальний час роботи об'єкта в режимі i ;

T_n – припустиме значення наробітку виробу на відмову;

T_p – загальний час роботи об'єкта;

t – середній час виконання перевірки;

t_y – середній час усунення несправності;

U – коефіцієнт неготовності об'єкта;

U' – коефіцієнт неготовності об'єкта без врахування прихованих дефектів;

u_i – відносний час роботи підмножини елементів L_i ;

Z – параметр потоку відмов об'єкта;

Z' – параметр потоку відмов об'єкта без врахування прихованих дефектів;

Z'' – параметр потоку відмов об'єкта від прихованих дефектів;

Z_i – параметр потоку відмов об'єкта в режимі роботи i ;

η_T – ефект від уточнення значення наробітку об'єкту на відмову;

η_U – ефект від уточнення оцінки значення коефіцієнту неготовності.

ВСТУП

Мотивація дослідження продиктована тим, що сучасні радіоелектронні засоби (РЕЗ) відносяться до багаторежимних об'єктів (БРО), які під час використання за призначенням застосовують різні сукупності елементів, тобто є об'єктами зі змінною структурою (ОЗС). При цьому в частині об'єкту, яка не використовується, можливе поява і накопичення прихованих дефектів. Їх визначення можливе тільки

при зміні режимів роботи, коли підключаються нові підмножини елементів, або під час технічного обслуговування РЕЗ з повною перевіркою працездатності в усіх можливих режимах роботи і інструментальної перевірки значень параметрів засобами вимірювальної техніки (ЗВТ). Ця обставина впливає на реальні значення показників надійності РЕЗ, але в відомих методах їх кількісної оцінки не враховано, що визначає актуальність роботи.

Об'єкт дослідження – процес кількісної оцінки значень часткових та комплексних показників надійності сучасних РЕЗ.

Предмет дослідження – удосконалення методу оцінювання значень показників надійності ОЗС з врахуванням можливості появи і накопичення прихованих дефектів.

Мета дослідження – удосконалення математичного апарату і формалізація процесу оцінки значень показників надійності ОЗС з врахуванням можливості появи прихованих дефектів в підмножинах елементів, які в окремих режимах роботи не використовують.

1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Сучасні програмно-керовані РЕЗ відрізняються багатofункціональністю та багаторежимністю, при цьому залежно від режиму роботи використовують різні сукупності елементів. Тобто вони відносяться до ОЗС, значення показників надійності яких суттєво залежать від відносного часу роботи виробу в конкретному режимі. Вочевидь, що ресурс окремих підсистем при цьому використовується не рівномірно. Крім того, відомо, що під час короткочасного і довгострокового зберігання РЕЗ в них накопичуються приховані дефекти, які неможливо виявити й усунути до включення апаратури та перевірки її працездатності. Також це має місце і під час роботи РЕЗ в підмножинах елементів, які при цьому не використовують. Приховані дефекти, які накопичуються, також можливо виявити тільки при зміні режиму роботи виробу. Але ця обставина в відомих методах оцінки надійності БРО, які відносяться до ОЗС, до цього часу не враховується. Тому виникає проблема оцінки значень показників надійності ОЗС з врахуванням властивості появи прихованих дефектів в підсистемах, які не використовують в даний момент часу.

Вирішується проблема кількісної оцінки впливу прихованих дефектів на значення параметра потоку відмов окремих підмножин елементів ОЗС. Необхідно визначити і кількісно оцінити вплив збільшення параметра потоку відмов окремих підмножин елементів на значення часткових (наробіток на відмову і середній час відновлення РЕЗ) і комплексних (коефіцієнти готовності і неготовності) ОЗС [1], які в відомих методах [2] не враховано. Для практичного використання результатів дослідження доцільно формалізувати їх у вигляді алгоритму реалізації.

Тобто, задача полягає у: 1) розробці структурної схеми реалізації удосконаленого методу; 2) кількісної оцінки впливу прихованих дефектів на часткові та комплексні показники надійності; 3) формалізації процесу оцінки значень показників надійності; 4) перевірці можливості реалізації; 5) дослідження отриманих функціональних залежностей; 6) оцінці ефекту від впровадження результатів дослідження.

2 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

В останні роки отримано і досліджено нові моделі і методи оцінки надійності ОЗС, які підвищують точність розрахунків в порівнянні з відомими [3–10], але вони не враховують можливість появи в ОЗС прихованих дефектів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій свідчить про розвиток в галузі технічної надійності складних технічних об'єктів і систем. Під час проектування нових зразків РЕЗ кількісно оцінюють часткові та комплексні показники надійності [1, 2]. Але при цьому властивість зміни структури об'єкту під час використання за призначенням не враховують [3–8]. Встановлено, що на значення показників надійності РЕЗ впливають окремі види надлишковості [9, 10]. Крім того, на надійність програмно-керованих РЕЗ суттєво впливає якість їх програмного забезпечення [11, 12]. В [13] показано, що в дійсний час відсутні не тільки інженерні методи, але і теоретична розробка аналізу надійності технічних систем зі змінною структурою. Це завдання успішно вирішено в [14–16], де запропоновано нові модель і метод оцінки значень показників надійності ОЗС. При використанні існуючих методик оцінки значень показників надійності без врахування властивості зміни структури [1–10] отримували занижені значення показників наробітку на відмову і коефіцієнту готовності, що вимагало для забезпечення вимог використовувати більш надійну елементну базу або резервування, тобто додаткову залишковість виробу, яка веде до збільшення його вартості та масогабаритних характеристик. Практика експлуатації ОЗС показала, що значення їх наробітку на відмову в рази перевищує розрахункове. Тому в подальшому запропоновано при використанні аналогічної елементної бази й умов експлуатації результати розрахунків збільшувати на поправочний коефіцієнт, визначений експериментально при експлуатації аналогічних об'єктів [17].

На підмножині елементів, що не використовуються при роботі об'єкту в даному режимі, також впливають кліматичні умови, нагрівання від працюючої частини об'єкту, а також механічні впливи на мобільних засобах. Все це у сукупності веде до виникнення потоку відмов у відключених підмножинах елементів. В залежності від умов експлуатації (стаціонарні або польові) параметр потоку відмов непрацюючої частини об'єкту збільшується на $0,01 \leq \alpha \leq 0,1$ від

розрахункового значення при його використанні за призначенням [17]. Це також має місце і під час короткочасного зберігання техніки. Приховані дефекти проявляються тільки при зміні режимів роботи або виконання щомісячного технічного обслуговування, коли виконують повну перевірку працездатності виробу в усіх режимах роботи. Так, наприклад, для ЗВТ коефіцієнт прихованих відмов складає $0,1 \leq \alpha \leq 0,24$ [18], що суттєво впливає на якість робіт під час технічного обслуговування і поточного ремонту внаслідок помилкової оцінки результату окремих перевірок і технічного стану виробу в цілому. Явні дефекти усуваються в процесі поточного ремонту після відмови об'єкту, а приховані – під час щомісячного технічного обслуговування [15–17].

Проведений аналіз показує актуальність і необхідність врахування можливості виникнення прихованих дефектів під час оцінки значень показників надійності ОЗС.

3 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Метод призначений для уточнення значень показників надійності об'єктів зі зміною структурою. Сутність удосконалення методу та його відмінність від відомих полягає в урахуванні можливості появи прихованих дефектів, які неможливо виявити під час роботи об'єкту в даному режимі. В відомих роботах ця обставина не враховується, що дає завищену оцінку значень показників надійності [14–16].

Структура методу, його призначення і сутність, вихідні дані, обмеження і припущення, а також результати від використання приведено на рис. 1. Обмеження і припущення відповідають реальним умовам використання за призначенням і відновлення працездатності РЕЗ.

Математичний апарат заснований на використанні коефіцієнту прихованих відмов α , значення якого визначають фіксацією відмов під час технічного обслуговування об'єкту, а також при зміні режиму роботи

$$\alpha_i = Q_i / Q,$$

де Q_i – кількість визначених прихованих відмов в підмножині елементів L_i , Q – загальна кількість відмов в об'єкті за час роботи T_p .

Зважаючи на те, що елементи виробу розміщені у одному приміщенні або апаратній, тобто працюють в ідентичних умовах, можна вважати

$$\alpha = \frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \alpha_i,$$

де R – кількість підмножин елементів об'єкту.



Рисунок 1 – Структурна схема реалізації вдосконаленого методу оцінки значень показників надійності об'єктів зі змінною структурою

Параметр потоку відмов об'єкту дорівнює

$$Z = \sum_{i=1}^R u_i Z_i + \sum_{i=1}^R \alpha_i (1 - u_i) Z_i,$$

де u_i – відносний час роботи підмножини елементів і $u_i = T_i / T_p$.

В такому разі отримаємо

$$Z = \sum_{i=1}^R Z_i (u_i (1 - \alpha_i) + \alpha_i),$$

наробіток на відмову виробу $T = 1 / Z$.

Ймовірність відмови об'єкту внаслідок появи дефектів серед підмножини елементів L_i

$$\frac{Q_i}{Q} = \frac{u_i (u_i Z_i + \alpha_i (1 - u_i) Z_i)}{Z}.$$

Розрахунковий час відновлення об'єкту дорівнює при використанні умовних алгоритмів діагностування (УАД) при пошуку дефектів

$$T_{BP} = \frac{t \cdot \sum_{i=1}^R Z_i (u_i (1 - \alpha_i) + \alpha_i) \cdot \log_2 L_i}{Z} + t_y,$$

де t – середній час виконання перевірки, t_y – середній час усунення несправності.

Середня кількість перевірок під час пошуку дефектів за УАД

$$K = \frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \log_2 L_i,$$

а ймовірність вірного визначення діагнозу

$$P = p^K,$$

де p – ймовірність вірної оцінки результату виконання перевірки.

З врахуванням метрологічної надійності ЗВТ остаточно отримаємо середній час відновлення об'єкту при поточному ремонті

$$T_B = \frac{T_{BP}}{P \cdot P(\tau)},$$

де $P(\tau)$ – ймовірність безвідмовної роботи ЗВТ в міжперевірочний період τ [18].

Отримані функціональні залежності приведено у табл. 1.

Блок-схема алгоритму реалізації методу наведена на рис. 2, де T_{Π} , $T_{ВП}$ – припустимі значення.

Таблиця 1 – Оцінка значень показників надійності об’єктів зі змінною структурою

Показник	Функціональні залежності	
	Відомі [13–15]	Запропоновані
Параметр потоку відмов	$Z' = \sum_{i=1}^R u_i Z_i$	$Z = \sum_{i=1}^R Z_i (u_i (1 - \alpha_i) + \alpha_i)$
Напрацювання на відмову, годин	$T' = 1 / Z'$	$T = 1 / Z$
Кількість відмов в підмножині L_i за час T_p	$Q' = T_p u_i Z_i$	$Q_i = T_p Z_i (u_i (1 - \alpha_i) + \alpha_i)$
Загальна кількість відмов об’єкту за час T_p	$Q' = T_p \sum_{i=1}^R u_i Z_i$	$Q = T_p \sum_{i=1}^R Z_i (u_i (1 - \alpha_i) + \alpha_i)$
Розрахунковий середній час відновлення, хвилини	$T'_{BP} = t_y + \frac{t}{Z'} \cdot \sum_{i=1}^R u_i \cdot Z_i \cdot \log_2 L_i$	$T_{BP} = t_y + \frac{t}{Z} \cdot \sum_{i=1}^R Z_i \cdot (u_i \cdot (1 - \alpha_i) + \alpha_i) \cdot \log_2 L_i$

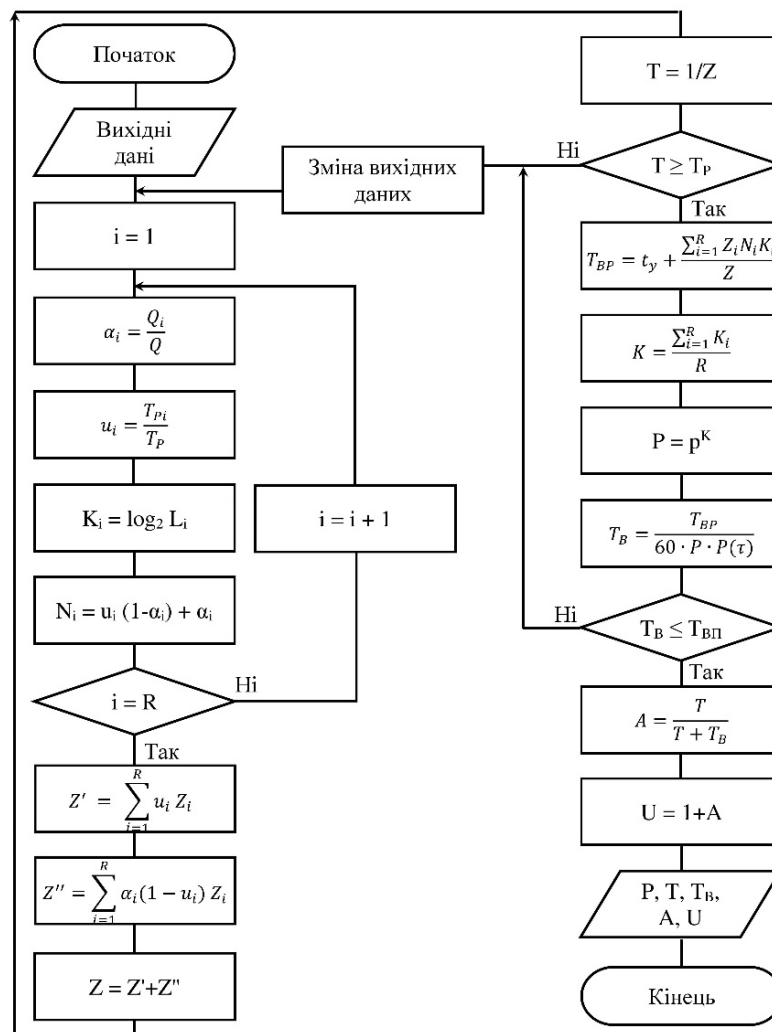


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритму розрахунку значень показників надійності об’єктів зі змінною структурою і врахуванням прихованих дефектів

4 ЕКСПЕРИМЕНТИ

Верифікацію запропонованого удосконалення методу виконуємо порівнянням $\alpha=0$ у правому рядку табл. 1, що веде до відомих результатів [14–16]. Розглянемо використання методу на прикладі радіостанції при наступних вихідних даних [14–15]:
 $L_1=1024$; $Z_1=307 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$; $K_1=10$; $u_1=1-u_2$;
 $L_2=3072$; $Z_2=532 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$; $K_2=11,5$; $0 \leq u_2 \leq 1$;
 $L_3=512$; $Z_3=154 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$; $K_3=9$; $u_3=1$;
 $p=0,997$; $P(\tau)=0,96$; $t=3,5 \text{ хв}$; $t_p=8 \text{ хв}$.

Взаємодію підмножин елементів радіостанції відображено на рис. 3, де L_3 – загальна частина, що працює у всіх режимах (електроживлення, антена, генератор, управління функціонуванням).

Таблиця 2 – Оцінка ефективності використання запропонованого методу

Показник	Функціональні залежності	
	Відомі [13–15]	Запропоновані
Середній час відновлення, годин	$T'_B = \frac{T_{BP}}{60 \cdot P \cdot P(\tau)}$	$T_B = \frac{T_{BP}}{60 \cdot P \cdot P(\tau)}$
Коефіцієнт готовності об'єкту	$A' = \frac{T'}{T' + T'_B}$	$A = \frac{T}{T + T_B}$
Коефіцієнт неготовності об'єкту	$U' = 1 - A'$	$U = 1 - A$
Ефект від уточнення значень показників надійності	$\eta_\tau = \frac{T' - T}{T} \cdot 100\%$; $\eta_U = \frac{U' - U}{U} \cdot 100\%$	

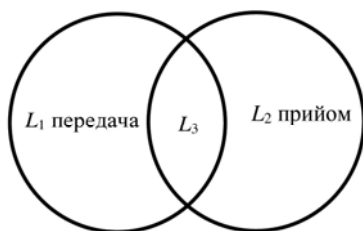


Рисунок 3 – Взаємодія підмножини елементів радіостанції залежно від режиму роботи

При заданих значеннях $T \geq 1000$ годин і $T_B \leq 1$ година результати оцінки показників надійності задовольняють вимогам.

5 РЕЗУЛЬТАТИ

У роботі отримані і досліджені нові функціональні залежності часткових і комплексних показників надійності ОЗС від кількості прихованих дефектів. Формалізовано порядок використання удосконаленого методу у вигляді алгоритму. Показано приклад використання і встановлено, що врахування можливості появи прихованих дефектів в ОЗС дозволяє уточнити значення показників надійності РЕЗ в цілому. Встановлено, що врахування впливу можливості появи прихованих дефектів в підмножинах елементів об'єкту, які не використовують при його роботі у заданому режимі, уточнює розрахункові значення показників надійності.

Ефект від застосування отриманих результатів полягає в уточненні значень показників надійності у порівнянні відносного збільшення наробітку на

Ефект від впровадження запропонованого методу оцінюється згідно табл. 2.

Результати розрахунків залежно від відносного часу роботи радіостанції в режимі «прийом» приведено на рисунках:

- рис. 4 – залежності наробітку на відмову від наявності прихованих дефектів;
- рис. 5 – залежності коефіцієнту неготовності радіостанції від наявності прихованих дефектів;
- рис. 6 – уточнення наробітку на відмову радіостанції від відносного часу роботи в режимі «прийом»;
- рис. 7 – уточнення коефіцієнту неготовності радіостанції від відносного часу роботи в режимі «прийом».

відмову при $\alpha=0,1$ з $\alpha=0$ (рис. 4), відносного уточнення наробітку на відмову від врахування впливу прихованих дефектів (рис. 6), зменшення відносного уточнення коефіцієнту неготовності (η_U) виробу від врахування прихованих дефектів згідно табл. 2, а саме:

$$\eta_U = \frac{U' - U}{U} \cdot 100\%,$$

де U' – розраховується за умов $\alpha=0$, U – розраховується за умов $\alpha=0,1$ (рис. 5).

Отримані результати відносного уточнення коефіцієнту неготовності радіостанції від врахування впливу прихованих дефектів наведені на рис. 7.

6 ОБГОВОРЕННЯ

Порівняння результатів використання методу з прототипом [14–16], показує, що врахування можливості появи прихованих дефектів в підмножинах елементів, що не використовуються, радіостанції у розглянутому прикладі дозволяє на 4,5–12% підвищити точність оцінки коефіцієнту неготовності, в чому і полягає ефект від впровадження запропонованого методу.

Аналіз отриманих результатів показує, що оцінка впливу прихованих дефектів знижує час наробітку на відмову (рис. 4) і підвищує реальні значення коефіцієнту неготовності радіостанції (рис. 5), що в усіх випадках веде до їх відносного уточнення незалежно від режиму роботи (рис. 6, 7).

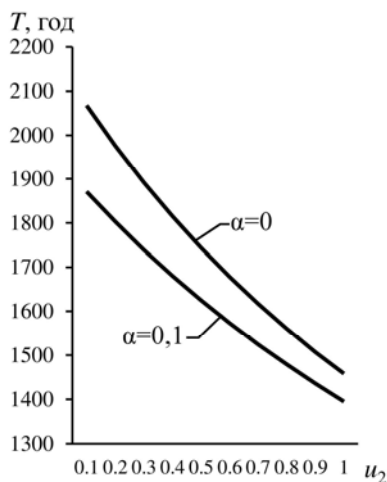


Рисунок 4 – Функціональні залежності $T(\alpha, u_2)$

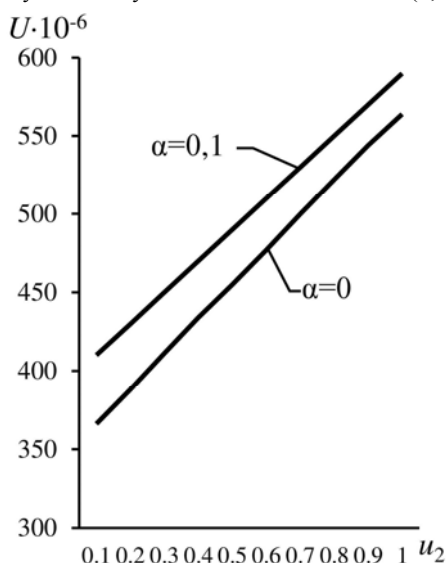


Рисунок 5 – Функціональні залежності $U(\alpha, u_2)$

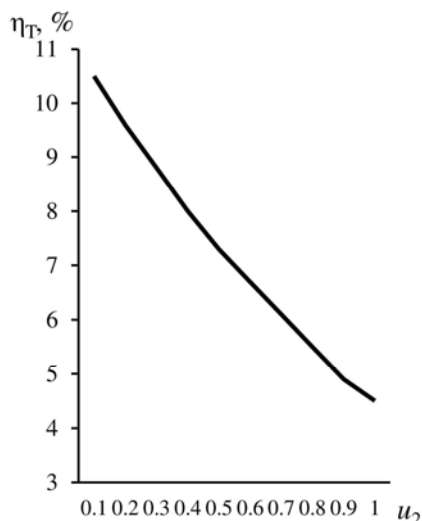


Рисунок 6 – Відносне уточнення наробітку на відмову радіостанції від врахування впливу прихованих дефектів

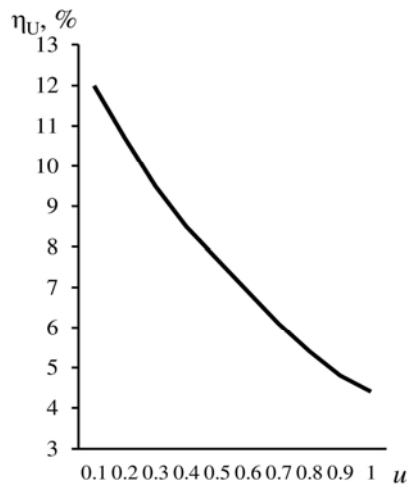


Рисунок 7 – Відносне уточнення коефіцієнту неготовності радіостанції від врахування впливу прихованих дефектів

Застосування запропонованого удосконаленого методу не потребує економічних витрат і додаткової підготовки персоналу та може бути використано під час дослідної експлуатації перспективних зразків РЕЗ різноманітного призначення. Це дозволяє забезпечити потреби вимог щодо надійності виробів з мінімальною вартістю їх елементів.

Переваги запропонованого удосконаленого методу оцінювання надійності ОЗС полягають у наступному:

1) під час дослідної експлуатації перспективних зразків РЕЗ можливо встановити значення коефіцієнту прихованих дефектів, що відсуне у відомих методах;

2) використання цих результатів дозволяє уточнити значення показників надійності БРО в цілому;

3) якщо вони не задовольняють вимогам, то доцільно підвищити якість діагностичного (K_b, K) і метрологічного ($p, P(\tau)$) забезпечення підвищити рівень кваліфікації фахівців ремонтного органу (t, t_y) і якщо цього не достатньо – замінити елементну базу на більш надійну або удосконалити конструкцію РЕЗ для зниження перегріву непрацюючої частини БРО і підвищення стійкості до механічних перевантажень (Z_p, Z);

4) використання запропонованих пропозицій виключає серійне виробництво РЕЗ з недостатнім рівнем надійності.

Перспективи подальших досліджень: подальші дослідження доцільно направити на удосконалення метрологічного забезпечення ОЗС, а саме – обґрунтування мінімально необхідних метрологічних характеристик ЗВТ для забезпечення вимог до поточного ремонту під час експлуатації і після короточасного зберігання РЕЗ з метою зниження вартості ЗВТ. Також доцільно удосконалити діагностичне забезпечення ОЗС при наявності прихованих дефектів. Цей напрямок не потребує додаткових економічних витрат, а необхідний ефект зниження середнього часу відновлення досягається

тільки використання УАД спеціальної форми і усіченої процедури пошуку кратних дефектів [15]. Крім того для ОЗС великої розмірності (наприклад апаратних зв'язку) після їх короткочасного зберігання доцільно використовувати груповий пошук дефектів бригадою фахівців [15].

ВИСНОВКИ

На основі аналізу існуючих методів оцінки значень показників надійності ОЗС встановлено, що в неробочій частині виробу можлива поява прихованих дефектів, але цю обставину відомі джерела не враховують. Отримані і досліджені функціональні залежності впливу прихованих дефектів на значення показників надійності, що дозволило до 10–12% уточнити значення часткових і комплексних показників надійності. Ці результати доцільно використовувати після обробки статистичних даних щодо показників надійності під час дослідної експлуатації перспективних зразків радіоелектронних ОЗС.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у розробці наступних інноваційних рішень:

1) вперше запропоновано врахувати наявність прихованих дефектів в непрацюючій частині БРО при оцінці значень показників надійності ОЗС;

2) вперше отримано і досліджено функціональні залежності впливу наявності прихованих дефектів на значення часткових і комплексних показників надійності ОЗС;

3) формалізовано у вигляді алгоритму процес оцінки значень показників надійності ОЗС з врахуванням можливості появи прихованих дефектів.

Практична значимість дослідження полягає в тому, що це дозволяє на етапі дослідної експлуатації РЕЗ зі змінною структурою об'єктивно оцінити відповідність результатів розрахунків необхідним значенням показників надійності завдяки врахуванню появи прихованих дефектів в процесі експлуатації або під час короткочасного зберігання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Надійність техніки. Терміни та визначення: ДСТУ 2860-94. – [Чинний від 1996-01-01]. – К. : Держстандарт України, 1994. – 88с.
2. Надійність техніки. Методи розрахунку показників надійності. Загальні вимоги: ДСТУ 2862-94. – [Чинний від 1997-01-01]. – К. : Держстандарт України, 1995. – 39с.
3. Kuo W. Optimal Reliability Modeling: Principles and Applications / W. Kuo, M. J. Zuo. – New York : John Wiley & Sons, Inc., 2003. – 544 p.
4. Rausand M. System reliability theory: models, statistical methods, and applications / M. Rausand, A. Barros, A. Høyland. – Hoboken : John Wiley & Sons, Inc., 2021. – 813 p.
5. Zio E. Reliability Engineering: Old Problems and New Challenges / E. Zio // Reliability Engineering and System Safety.

UDC 681.3.06

IMPROVED METHOD FOR ASSESSING THE RELIABILITY OF OBJECTS WITH A VARIABLE STRUCTURE

Babii O. S. – Senior Lecturer at the Department of Military and Technical Training, Kyiv National Taras Shevchenko University, Kyiv, Ukraine.

© Бабій О. С., Сакович Л. М., Слюсарчук О. О., Єлісов Ю. М., Курята Я. Е., 2024
DOI 10.15588/1607-3274-2024-2-1

- 2009. – Vol. 94. – P. 125–141. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2008.06.002>
6. Uvarov B. M. Radioelectronic Apparatus Design with Optimal Reliability Indicators / B. M. Uvarov, A. V. Nikitchuk // Visnyk NTUU KPI Serii – Radiotekhnika Radioaparotobuduvannia. – 2018. – №75. – P. 48–53. <https://doi.org/10.20535/RADAP.2018.75.48-53>
7. Kharchenko V. A. Problems of reliability of electronic components / V. A. Kharchenko // Modern Electronic Materials. – 2015. – Vol. 1, Issue 3. – P. 88–92. <https://doi.org/10.1016/j.moem.2016.03.002>
8. Swinger J. Reliability Characterisation of Electrical and Electronic Systems / J. Swinger. – Cambridge, UK: Woodhead Publishing, 2015. – 274 p. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-16487-2>
9. Reliability Basics of Information Systems / [A. Petrov, V. Khoroshko, L. Scherbak et al.]. – Krakow : Wydawnictwa AGH, 2016. – 246 p.
10. Reliability of Redundant Telecommunications Equipment Advanced Model Considering Failures and Refusals of Structure Elements / [D. Mogylevych, I. Kononova, B. Kredenzler, O. Oksiiuk] // International Conference on Advanced Trends in Information Theory, Kyiv, 18–20 December 2019 : proceedings. – Kyiv: IEEE, 2019. – P. 238–243. <https://doi.org/10.1109/ATIT49449.2019.9030502>
11. Yamada S. OSS Reliability Measurement and Assessment / S. Yamada, Y. Tamura. – Springer, 2016. – 185 p. https://doi.org/10.1007/978-3-319-31818-9_1
12. Maintenance for Industrial Systems / [R. Manzini, A. Regattieri, H. Pham, E. Ferrari]. – London : Springer, 2010. – 497 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-84882-575-8>
13. Gurov S. V. Safety Analysis of a Multi-phased Control System / S. V. Gurov, S. P. Habarov, L. V. Utkin // Microelectronics Reliability. – 1997. – Vol. 37, Issue 2. – P. 243–254. [https://doi.org/10.1016/S0026-2714\(96\)00088-1](https://doi.org/10.1016/S0026-2714(96)00088-1)
14. Evaluation of Reliability of Radio-Electronic devices with Variable Structure / [Y. V. Ryzhov, L. N. Sakovich, O. O. Puchkov, Y. E. Nebesna] // Radio Electronics, Computer Science, Control. – 2020. – № 3. – P. 31–41. <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2020-3-3>
15. Технічна експлуатація засобів та систем зв'язку [Електронний ресурс] / [Л. М. Сакович, В. П. Романенко, І. М. Гиренко та ін.]. – Київ : НТУУ КПІ ім. І. Сікорського, 2021. – 176 с. Режим доступу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/57827/1/Tekhnichna_ekspluatatsiia_zasobiv_ta_system_zviazku.pdf.
16. Assessing the Reliability of Complex Systems Under Uncertainty in the Context of Ensuring National Resilience / [S. I. Pyrozhkov, O. O. Reznikova, S. Ye. Gnatiuk, Ya. E. Kuryata] // Science and Innovation. – 2023. – № 19 (4). – P. 3–15. <https://doi.org/10.15407/scine19.04.003>
17. Ayers M. L. Telecommunications System Reliability Engineering, Theory, and Practice / M. L. Ayers. – Hoboken : John Wiley & Sons, 2012. – 256 p. <https://doi.org/10.1002/9781118423165.scard>
18. Основи експлуатації засобів вимірювальної техніки військового призначення в умовах проведення АТО / [В. Б. Кононов, С. В. Водолажко, С. В. Коваль та ін.]. – Харьков : ХНУПС, 2017. – 288 с.

Стаття надійшла до редакції 13.11.2023.
Після доробки 07.04.2024.



Sakovych L. M. – PhD, Associate Professor of the Special Department of the Institute of Special Communication and Information Security, National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine.

Slusarchuk O. O. – PhD, Senior researcher, Senior Researcher of the Military Intelligence Research Institute of the Defence Intelligence of Ukraine, Kyiv, Ukraine.

Yelisov Y. M. – PhD, Research Fellow of the Military Intelligence Research Institute of the Defence Intelligence of Ukraine, Kyiv, Ukraine.

Kuryata Y. E. – Head of the Scientific and Organizational Department of the Research Center, Institute of Special Communication and Information Security, National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine.

ABSTRACT

Context. The main idea is to take into account the possibility of the influence of hidden defects on the reliability of multi-mode radio-electronic equipment with a variable structure, which do not take into account the known methods for calculating reliability indicators. A quantitative assessment of the parameter of the failure flow of products is proposed, taking into account the impact of the accumulation of hidden defects on its value.

Objective. Improvement of the method for assessing the reliability of objects with a variable structure, taking into account the possibility of hidden defects when used for their intended purpose in certain operating modes.

Method. The methodology for assessing the values of reliability indicators of complex technical systems is used. The method being developed is the development of an algorithm for assessing the reliability indicators of multi-mode objects in the direction of taking into account the possibility of appearance and accumulation of hidden defects in subsets of elements of the object, which are not used when it operates in separate modes.

Results. Functional dependencies of partial and complex indicators of reliability of multi-mode objects on the accumulation of hidden defects, which manifest themselves only during maintenance or change of operating modes, are obtained. The solution is formalized in the form of an algorithm that uses the results of trial operation of products as initial data.

Conclusions. The scientific novelty lies in the development of the following innovative solutions: 1) for the first time it is proposed to take into account the presence of hidden defects when assessing the reliability of multi-mode objects with a variable structure; 2) for the first time, functional dependencies of the influence of the presence of hidden defects on the values of partial and complex reliability indicators were obtained and studied. The practical significance of the results lies in the fact that it allows, at the stage of trial operation of radio-electronic equipment with a variable structure, to objectively assess the compliance of calculations with the required values of reliability indicators by taking into account the possibility of hidden defects.

KEYWORDS: assessment of reliability indicators, objects with variable structure, hidden defects.

REFERENCES

1. Nadiinist tekhniky. Terminy ta vyznachennia: DSTU 2860-94. [Chynnyi vid 1996-01-01]. Kyiv, Derzhstandart Ukrainy, 1994, 88 p.
2. Nadiinist tekhniky. Metody rozrakhunku pokaznykiv nadiinosti. Zahalni vymohy: DSTU 2862-94. [Chynnyi vid 1997-01-01]. Kyiv, Derzhstandart Ukrainy, 1995, 39 p.
3. Kuo W., Zuo M. J. Optimal Reliability Modeling: Principles and Applications. New York, John Wiley & Sons, Inc., 2003, 544 p.
4. Rausand M., Barros A., Høyland A. System reliability theory: models, statistical methods, and applications. Hoboken, John Wiley & Sons, Inc., 2021, 813 p.
5. Zio E. Reliability Engineering: Old Problems and New Challenges, *Reliability Engineering and System Safety*, 2009, Vol. 94, pp. 125–141. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2008.06.002>
6. Uvarov B. M., Nikitchuk A. V. Radioelectronic Apparatus Design with Optimal Reliability Indicators, *Visnyk NTUU KPI Seriya – Radiotekhnika Radioaparotobuduvannia*, 2018, №75, pp. 48–53. <https://doi.org/10.20535/RADAP.2018.75.48-53>
7. Kharchenko V. A. Problems of reliability of electronic components, *Modern Electronic Materials*, 2015, Vol. 1, Issue 3, pp. 88–92. <https://doi.org/10.1016/j.moem.2016.03.002>
8. Swingler J. Reliability Characterisation of Electrical and Electronic Systems. Cambridge, UK, Woodhead Publishing, 2015, 274 p. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-16487-2>
9. Petrov A., Khoroshko V., Scherbak L., Petrov A., Aleksander M. Reliability Basics of Information Systems. Krakow, Wydawnictwa AGH, 2016, 246 p.
10. D. Mogylevych, I. Kononova, B. Kredenzler, O. Oksiiuk Reliability of Redundant Telecommunications Equipment Advanced Model Considering Failures and Refusals of Structure Elements, *International Conference on Advanced Trends in Information Theory, Kyiv, 18–20 December 2019, proceedings*. Kyiv, IEEE, 2019, pp. 238–243. <https://doi.org/10.1109/ATIT49449.2019.9030502>
11. Yamada S., Tamura Y. OSS Reliability Measurement and Assessment. Springer, 2016, 185 p. https://doi.org/10.1007/978-3-319-31818-9_1
12. Manzini R., Regattieri A., Pham H., Ferrari E. Maintenance for Industrial Systems. London, Springer, 2010, 497 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-84882-575-8>.
13. Gurov S. V., Habarov S. P., Utkin L. V. Safety Analysis of a Multi-phased Control System, *Microelectronics Reliability*, 1997, Vol. 37, Issue 2, pp. 243–254, [https://doi.org/10.1016/S0026-2714\(96\)00088-1](https://doi.org/10.1016/S0026-2714(96)00088-1)
14. Ryzhov Y. V., Sakovich L. N., Puchkov O. O., Nebesna Y. E. Evaluation of Reliability of Radio-Electronic devices with Variable Structure, *Radio Electronics, Computer Science, Control*, 2020, №3, pp. 31–41. <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2020-3-3>
15. Sakovych L. M., Romanenko V. P., Hyrenko I. M., Kuriata Ya. E., Myroshnychenko Yu. V. Tekhnichna ekspluatatsiia zasobiv ta system zviazku [Elektronnyi resurs]. Kyiv, NTUU KPI im. I. Sikorskoho, 2021, 176 p. Rezhym dostupu https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/57827/1/Tekhnichna_ekspluatatsiia_zasobiv_ta_system_zviazku.pdf.
16. PyrozHKov S. I., Reznikova O. O., Gnatiuk S. Ye., Kuryata Ya. E. Assessing the Reliability of Complex Systems Under Uncertainty in the Context of Ensuring National Resilience, *Science and Innovation*, 2023, № 19 (4), pp. 3–15. <https://doi.org/10.15407/scine19.04.003>
17. Ayers M. L. Telecommunications System Reliability Engineering, Theory, and Practice. Hoboken, John Wiley & Sons, 2012, 256 p. <https://doi.org/10.1002/9781118423165.scard>
18. Kononov V. B., Vodolazhko S. V., Koval S. V., Naumenko A. M., Kondrashova I. I. Osnovy ekspluatatsii zasobiv vymiriuvainoi tekhniki viiskovoho pryznachennia v umovakh provedennia ATO. Kharkov, KhNUPS, 2017, 288 p.