

УДК 621.396.6

В. П. РОМАНЕНКО, канд. техн. наук;

Л. М. САКОВИЧ, канд. техн. наук, доцент,

Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації НТТУ «КПІ», Київ

МЕТОДИКА РОЗРОБКИ ДІАГНОСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГРУПОВОГО ПОШУКУ ДЕФЕКТІВ ПРИ РЕМОНТІ ТЕХНІКИ ЗВ'ЯЗКУ В ПОЛЬОВИХ УМОВАХ

Запропоновано формалізацію процесу розробки діагностичного забезпечення ремонту техніки зв'язку з різним ступенем пошкодження, здійснюваного на базі групового пошуку дефектів.

Вступ

Сьогодні ремонт пошкодженої техніки зв'язку (ТЗ) нерідко доводиться здійснювати в польових умовах зусиллями екіпажів апаратних зв'язку (АЗ) із залученням фахівців ремонтних органів (РО) — екіпажів апаратних технічного забезпечення (АТЗ). Для підвищення ефективності їхньої спільної роботи необхідно розробляти відповідне діагностичне забезпечення (ДЗ) у вигляді спеціальних діагностичних програм (ДП) групового пошуку дефектів (ГПД). Адже й досі у складі технологічної документації РО такого ДЗ немає, і саме через це досягнення необхідних значень показників ремонтпридатності істотно ускладнюється.

Мета статті — розробка методики побудови ДП на основі використання групових однорідних чи неоднорідних умовних алгоритмів діагностування (УАД) мінімальної або оптимальної форми та раціонального розміщення вбудованих засобів діагностування (ВЗД) на етапі проектування ТЗ і АЗ для мінімізації (забезпечення заданого значення) середнього часу відновлення роботоздатності ТЗ і АЗ, що мають різний ступінь пошкодження, зусиллями екіпажу АТЗ у польових умовах.

Основна частина

Сутність запропонованої методики полягає в раціональній організації спільної діяльності групи ремонтників (екіпаж АЗ або АТЗ) при пошуку дефектів в об'єктах великої розмірності або рознесених у просторі для забезпечення необхідних значень показників їх ремонтпридатності. В основу цієї методики покладено використання здобутих залежностей кількісної оцінки середнього часу T_v відновлення та вірогідності діагностування від керованих змінних, а також формалізацію розв'язання завдання з розробки ДЗ поточного ремонту та усунення аварійних пошкоджень різного ступеня. Отже, висвітлюються питання, які у відомих працях [1–4] не досліджено.

Вихідні дані для застосування методики отримують, аналізуючи схему та конструкцію виробу, умови експлуатації і ремонту, вимоги керівних документів щодо ремонтпридатності, відомості про ремонт аналогічних зразків.

Далі використовуються такі позначення:

L — глибина пошуку дефектів;

S — ступінь пошкодження ТЗ (відношення кількості несправних елементів до їх загальної кількості);

R — кількість фахівців-ремонтників;

p — імовірність правильної оцінки результату виконання перевірки;

t — середній час виконання перевірки;

t_v — середній час усунення несправності;

$T_{в.д}$ — допустиме значення середнього часу відновлення ТЗ;

m — модуль вибору алгоритму діагностування;

M — максимальне значення модуля вибору неоднорідного УАД;

C_d — допустима вартість ремонту;

c_i — вартість роботи фахівця кваліфікації i за одну годину.

Обмеження щодо використання методики:

- відновлення роботоздатності ТЗ у польових умовах зі слабким і (частково) середнім ступенем пошкодження $S < 0,2$, що визначається в процесі дефектації;

- середній час T_v відновлення не перевищує допустимого $T_v \leq T_{в.д}$;

- за час діагностування фахівець може припуститися не більш як однієї помилки в оцінці результату виконання перевірки;

- математичне сподівання відхилення діагнозу в разі помилки фахівця задовольняє вимоги ремонту агрегатним методом: $\rho \leq 0,5$; $\rho_{\max} \leq 1,0$;

- модуль вибору перевірки не перевищує максимально допустимого ($2 \leq m \leq M$);

- кількість фахівців у групі не більша за кількість фахівців в екіпажі АЗ або АТЗ ($1 \leq \mu \leq R$);
- організаційні втрати часу не враховуються;
- середня вартість ремонту не перевищує допустимої $C \leq C_d$.

Методика використовується за таких припущень:

- розглядається найскладніший з погляду діагностування випадок рівномірного розподілу дефектів в об'єкті;
- у процесі діагностування нових дефектів в об'єкті не виникає;
- кваліфікація фахівців РО і АЗ відповідає посаді;
- технологічне обладнання, засоби вимірювання, комплекти ЗПП у складі АТЗ завідомо справні;
- ремонтвану ТЗ забезпечено комплектом експлуатаційної документації;
- ДЗ відповідає ступеню пошкодження об'єкта.

Наведені обмеження та припущення відповідають реальним умовам функціонування РО.

Математичний апарат методики — це методи теорії ймовірностей, дискретної математики (теорія графів і комбінаторика) та теорії дискретного пошуку, застосовувані при розв'язанні таких завдань:

- розрахунок імовірнісних ($P, \rho, \rho_{max}, D_p, \sigma_p$), часових (T_B) і вартісних (C) показників якості ДЗ ремонту ТЗ;
- розрахунок значень параметрів УАД (K_{min}, K, K_{max});
- оптимізація кількості R_0 фахівців РО і форми n_0 УАД;
- поділ об'єкта на оптимальну кількість Z_0 зон пошуку дефектів;
- обґрунтування кількості фахівців у групі при спільному пошуку дефектів ($1 \leq \mu \leq R$);
- перевірка здобутих результатів на відповідність необхідним значенням і забезпечення рекомендацій щодо їх поліпшення при модернізації ТЗ;
- розробка діагностичних моделей об'єкта та перетворення алгоритмів діагностування;
- визначення місць підімкнення ВЗД.

Функціональні залежності (як відомі, так і нові), використовувані в методиці, наведено в таблиці.

Алгоритм реалізації методики складається з таких етапів:

- 1) здобуття та аналіз вихідних даних;
- 2) визначення виду ГПД (незалежний, спільний, зонний);
- 3) вибір форми УАД залежно від ступеня пошкодження ТЗ;
- 4) розрахунок значень параметрів ДЗ;
- 5) перевірка результату розрахунку на відповідність вимогам;
- 6) якщо вимоги виконуються, то здійснюється перетворення алгоритму пошуку дефектів на ДП і виведення результатів, у протилежному випадку — зміна виду ГПД, форми і виду УАД або корекція вихідних даних.

Розглянемо порядок використання методики на прикладі діагностування підсистеми управління функціонуванням радіопередавача великої потужності, принципову схему якої наведено на рис. 1 [5].

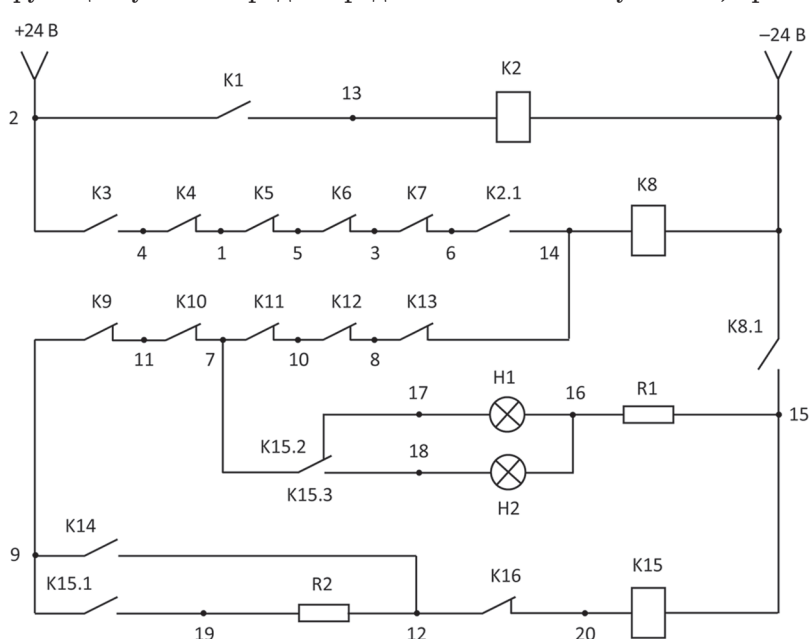


Рис. 1. Принципова схема підсистеми управління функціонуванням радіопередавача великої потужності

Даний об'єкт складається з автоматів увімкнення напруги К2 і змищення К8, контактора вимкнення високої напруги К15, контактів реле напруги К3, аероконтакту К1, блокувальних контактів наявності блоків передавача К4–К7, контактів механічного блокування відчинення дверей високовольтної камери К10, контактів реле максимального анодного струму К11–К13, кнопки ввімкнення К14 і відімкнення К16 високої напруги, ламп сигналізації наявності змищення Н1 і високої напруги Н2. Порядок увімкнення електроживлення радіопередавача фіксований: уведення, охолодження, розжарювання, змищення, високе.

Бінарний УАД для поточного ремонту в разі незалежного пошуку дефектів зусиллями одного фахівця подано на рис. 2, де середня кількість перевірок $K = 5,38$. Об'єкт складається з $L = 25$

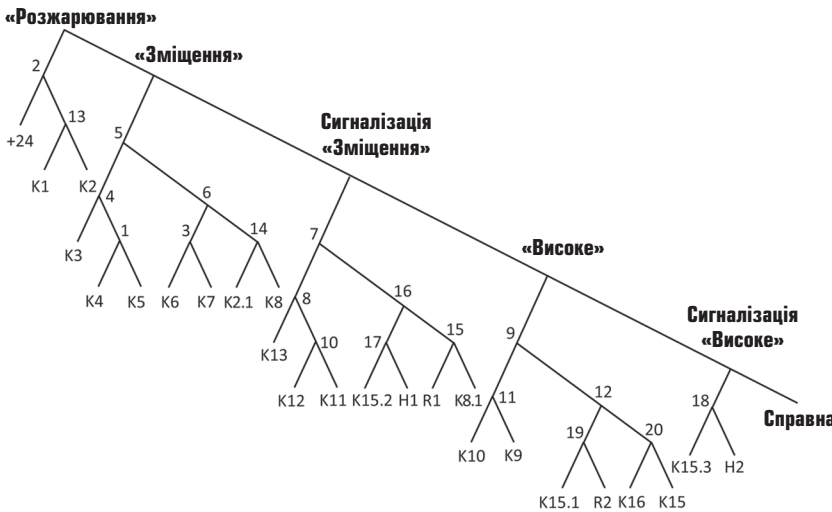


Рис. 2. Бінарний алгоритм діагностування підсистеми управління функціонуванням радіопередавача великої потужності ($L = 25; \mu = 1; K = 5,38$)

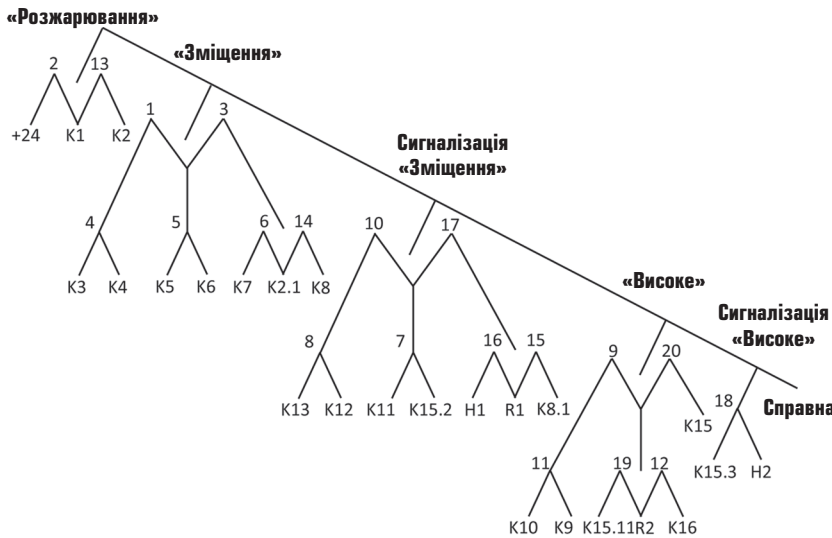


Рис. 3. Неоднорідний алгоритм діагностування підсистеми управління функціонуванням радіопередавача великої потужності з використанням групового спільного пошуку дефектів ($L = 25; \mu = 2; K = 4,65$)

елементів, рознесених у просторі, що істотно утруднює роботу фахівця. Використання побудованого за рекомендаціями [6] неоднорідного УАД групового спільного пошуку дефектів зусиллями двох фахівців (рис. 3) знижує середню кількість перевірок до $K = 4,65$ що на 13,6% менше, ніж у першому випадку.

З огляду на малу розмірність об'єкта оцінювання ймовірнісних параметрів не проводиться. Адже вони завідомо відповідають вимозі $\rho < 0,5$ і $\rho_{\max} < 1,0$ навіть тоді, коли в процесі діагностування використовуються аналогові засоби вимірювання (наприклад, тестер Ц-4315) із $\rho \geq 0,85$.

Таким чином, використання методики дозволяє обґрунтовано вибрати варіант ГПД і кількісно оцінити його показники. Новизна методики, її відмінність від відомих [1–5] полягають ось у чому.

- Використовуються здобуті в результаті моделювання процесу групового пошуку дефектів [6] функціональні залежності значень параметрів ДЗ від керованих змінних (див. таблицю).

- Досліджено й використано результати щодо кількісної оцінки дисперсії та середнього квадратичного відхилення діагнозу в разі помилки діагноста для обґрунтування рекомендацій щодо оптимізації форми УАД.

Функціональні залежності параметрів процесу групового пошуку дефектів від керованих змінних

Параметр процесу діагностування	Вид групового пошуку дефектів		
	незалежний	спільний	зонний
Трудовитрати на ремонт одного комплексу $W = T_B R$	$\frac{tK + t_y SL}{P}$	$\frac{\mu tK + t_y SL}{P}$	$\frac{tK + t_y SL}{P}$
Імовірність P правильної постановки діагнозу	$p^{1+K/SL}$	$p^{\mu(1+\log_{\mu+1}(L/n))}$	$p^{1+2K_Z/SL}$
Кількість n груп елементів в алгоритмі діагностування	$\frac{SL(m-1)}{1-S}$	$\frac{\mu SL}{(1-S)\ln(\mu+1)}$	$\frac{SL(m-1)}{Z(1-S)}$
Загальна кількість K перевірок	$\frac{1-S}{2SL(m-1)^2} \left(\frac{m-1}{1-S} - 1 \right) \left(\frac{m-1}{1-S} + m \right) + 2(SL-1) + SL \log_m \frac{1-S}{S(m-1)}$	$SL \left(1 + \log_{\mu+1} \frac{L}{n} \right) + \frac{n-\mu-1}{\mu}$	$Z(1+K_Z) + SL/Z$
Загальна кількість K_Z перевірок у зоні пошуку			$\frac{1-S}{2SL(m-1)^2} \left(\frac{m-1}{1-S} - 1 \right) \left(\frac{m-1}{1-S} + m \right) + 2 \left(\frac{SL}{Z} - 1 \right) + \frac{SL}{Z} \log_m \frac{1-S}{S(m-1)}$
Середній час T_B відновлення одного комплексу	$\frac{tK + t_y SL}{P}$	$\frac{tK + t_y SL/\mu}{P}$	$\frac{tK + t_y SL}{RP}$
Оптимальна кількість R_0 фахівців	1	$\frac{t_y SL}{PT_{B,д} - tK} = \mu$	$\frac{tK + t_y SL}{PT_{B,д}}$

- Кількісне оцінювання ймовірнісних характеристик виконано з урахуванням виду та форми УАД (раніше йшлося про орієнтовну оцінку в усіх випадках за виразами для алгоритмів досконалої форми).
- Здійснено формалізацію процесу розробки ДЗ ремонту ТЗ із використанням різних видів ГПД як для поточного ремонту, так і для усунення аварійних пошкоджень.
- Використано результати моделювання процесу ГПД за різного ступеня пошкодження ТЗ.
- Формалізовано порядок побудови групових УАД як за графічними, так і за матричними моделями об'єкта діагностування.
- При оцінюванні якості ДЗ ремонту ТЗ використано не лише часові, а й ймовірнісні показники якості та кількісну оцінку трудовитрат на відновлення ТЗ при застосуванні різних видів ГПД.

Висновки

Розроблена методика становить основу аналітичних і алгоритмічних підходів до створення ДЗ існуючих і перспективних зразків ТЗ для ремонту в польових умовах зусиллями екіпажів АЗ і АТЗ при усуненні аварійних пошкоджень. Методика допоможе при розробці нової редакції вимог щодо ремонтотпридатності ТЗ, а також технологічної документації перспективних АТЗ модульного типу. Вона охоплює також питання вдосконалення ДЗ, коли йдеться про відновлення ТЗ у ремонтних органах.

Література

1. **Сакович, Л. Н.** Оптимизация состава экипажа мобильных ремонтных органов / Л. Н. Сакович, В. П. Павлов // Зв'язок.— 2003.— № 3.— С. 58–61.
2. **Рыжаков, В. А.** Групповой зонный поиск кратных дефектов при ремонте техники связи / В. А. Рыжаков, Л. Н. Сакович // Зв'язок.— 2005.— № 1.— С. 57–60.
3. **Сакович, Л. Н.** Совместный групповой поиск кратных дефектов при ремонте техники связи / Л. Н. Сакович, В. А. Рыжаков // Зв'язок.— 2005.— № 2.— С. 59–62.
4. **Сакович, Л. Н.** Определение численности специалистов при восстановлении работоспособности техники связи с аварийными повреждениями / Л. Н. Сакович, Р. А. Бобро // Зв'язок.— 2006.— № 1.— С. 41–44.
5. **Сакович, Л. Н.** Автоматизация диагностирования средств связи с кратными дефектами / Л. Н. Сакович, В. А. Рыжаков // Зв'язок.— 1997.— № 2.— С. 44–46.
6. **Романенко, В. П.** Формалізація процесу розробки алгоритмів паралельного пошуку дефектів зі взаємним обміном інформацією про результати діагностування / В. П. Романенко // Зв'язок.— 2014.— № 3.— С. 24–29.
7. **Сакович, Л. М.** Моделювання процесу групового пошуку дефектів при ремонті технічних об'єктів телекомунікаційних систем / Л. М. Сакович, В. П. Романенко // Зв'язок.— 2014.— № 4.— С. 33–38.

В. П. Романенко, Л. Н. Сакович

МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГРУПОВОГО ПОИСКА ДЕФЕКТОВ ПРИ РЕМОНТЕ ТЕХНИКИ СВЯЗИ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Предложена формализация процесса разработки диагностического обеспечения ремонта техники связи с разной степенью повреждения, осуществляемого на базе группового поиска дефектов.

V. P. Romanenko, L. M. Sakovych

DEVELOPMENT METHOD OF DIAGNOSABILITY PROVISION OF AREA SEARCH OF FAULT LOCATION IN CASE OF COMMUNICATION TECHNIQUE REPAIR IN FIELD CONDITIONS

In the article was proposed formalization of the process of development of the diagnostics means of telecommunication repair with different level of defects and realization of the types of area search of fault location.

ЗВ'ЯЗОК

Наукове видання

Редакційна обробка та коректура
О. П. Бондаренко, Т. В. Ількевич

Комп'ютерна верстка да дизайн
Г. С. Тимченко, О. Ю. Апухтіна

Підписано до друку 25.03.2015 р.
Формат 60×84/8. Друк офсетний. Папір друкарський.
Гарнітура SchoolBookC. Наклад 100 прим.

Редакційно-видавничий центр
Державного університету телекомунікацій
03110, м. Київ, вул. Солом'янська, 7
Тел. 249-25-75
E-mail: zviaz-ok@ukr.net