

УДК 621.396.6

Л.М. Сакович, В.П. Романенко

Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації НТУ України "КПІ", Київ

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

Запропонована формалізація процесу розробки діагностичного забезпечення ремонту техніки зв'язку з різним ступенем пошкодження і реалізацією видів групового пошуку дефектів.

Ключові слова: діагностичне забезпечення, груповий пошук дефектів, умовні алгоритми діагностування.

Вступ

Постановка проблеми. В даний час ремонт пошкодженої техніки зв'язку (ТЗ) здійснюється в польових умовах екіпажами апаратних зв'язку (АЗ) із залученням фахівців ремонтних органів (РО) – екіпажів апаратних технічного забезпечення (АТЗ). Для підвищення ефективності їх спільної роботи необхідно розробляти відповідне діагностичне забезпечення (ДЗ) у вигляді спеціальних діагностичних програм (ДП) групового пошуку дефектів (ГПД), яке в даний час відсутнє у складі технологічної документації РО, що затрудняє досягнення необхідних значень показників ремонтпридатності. Ця задача, яка не вирішена у відомих роботах, вирішується у статті.

Аналіз літератури. Питання вдосконалення і підвищення ефективності діагностичного забезпечення радіоелектронних засобів різноманітного призначення розглянуті в наукових роботах вітчизняних і зарубіжних авторів, серед яких Ксенз С.П., Мозгалевський А.В., Креденцер Б.П., Жердев М.К., Давидов П.С., Рижаків В.А. та інші. Але ці роботи не враховують можливість помилки фахівця в оцінці результату виконання перевірки діагностичного параметру та груповий пошук кратних дефектів при відновленні працездатності об'єктів великої розмірності з рознесеними в просторі елементами.

Мета статті – розробка методики побудови ДП на основі використання групових однорідних або неоднорідних умовних алгоритмів діагностування (УАД) мінімальної або оптимальної форми і раціонального розміщення вбудованих засобів діагностування (ВЗД) на етапі проектування ТЗ і АЗ для мінімізації або забезпечення заданого значення середнього часу відновлення працездатності ТЗ і АЗ з різним ступенем пошкодження екіпажем АТЗ в польових умовах.

Виклад основного матеріалу

Створення методики розробки діагностичного забезпечення групового пошуку дефектів.

Сутність методики полягає в раціональній організації спільної діяльності групи ремонтників (екіпаж АЗ або АТЗ) при пошуку дефектів в об'єктах великої розмірності або рознесених в просторі

для забезпечення необхідних значень показників ремонтпридатності на основі використання отриманих залежностей кількісної оцінки середнього часу відновлення і достовірності діагностування від керованих змінних та формалізації рішення задачі розробки ДЗ поточного ремонту і усунення аварійних та бойових пошкоджень різного ступеню, які у відомих роботах [1 – 4] не досліджені.

Вихідні дані для використання методики отримують з аналізу схеми і конструкції виробу, умов експлуатації і ремонту, вимог керівних документів з ремонтпридатності, відомостей про ремонт аналогічних зразків:

L – глибина пошуку дефектів;

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

R – число фахівців з ремонту;

p – імовірність правильної оцінки результату

виконання перевірки;

t – середній час виконання перевірки;

t_y – середній час усунення несправності;

$T_{вд}$ – 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 по використанню методики:

– відновлення працездатності ТЗ в польових умовах із слабким і частково середнім ступенем пошкодження $S < 0,2$, що визначається в процесі дефектації;

середній час відновлення не більш допустимого $T_B \leq T_{вд}$;

– за час діагностування фахівець може допустити не більш за одну помилку в оцінці результату виконання перевірки;

– математичне сподівання відхилення діагнозу при помилці фахівця задовольняє вимогам ремонту агрегатним методом: $p \leq 0,5$; $p_{max} \leq 1,0$;

– модуль вибору перевірки не більш максимально допустимого $2 \leq m \leq M$;

- число фахівців в групі не більш за число фахівців в екіпажі АЗ або АТЗ $1 \leq \mu \leq R$;
 - організаційні втрати часу не враховуються;
 - середня вартість ремонту не більш допустимої $C \leq C_d$.
- Допущення при використанні методики:
- розглядається найбільш складний з позицій діагностування випадок рівномірного розподілу дефектів в об'єкті;
 - за час діагностування нових дефектів в об'єкті не виникає;
 - кваліфікація фахівців РО і АЗ відповідає посаді;
 - технологічне обладнання, засоби вимірювання, комплекти ЗІП у складі АТЗ завідомо справні;
 - ремонтowana ТЗ забезпечена комплектом експлуатаційної документації;
- ДЗ відповідає ступеню пошкодження об'єкту.
- Обмеження і допущення відповідають реальним умовам функціонування РО.
- Математичний апарат методики заснований на використанні методів теорії імовірностей, дискретної

- математики (теорії графів і комбінаторики) і теорії дискретного пошуку при вирішенні таких задач:
- розрахунок імовірнісних ($P, \rho, \rho_{\max}, D_\rho, \sigma_\rho$), часових (T_B) і вартісних (C) показників якості ДЗ ремонту ТЗ;
 - розрахунок значень параметрів УАД (K_{\min}, K, K_{\max});
 - оптимізація числа фахівців РО (R_0) і форми УАД (n_0);
 - ділення об'єкту на оптимальне число зон пошуку дефектів (Z_0);
 - обґрунтування числа фахівців в групі при спільному пошуку дефектів ($1 \leq \mu \leq R$);
 - перевірка отриманих результатів на відповідність необхідним значенням і забезпечення рекомендацій по їх поліпшенню при модернізації ТЗ;
 - розробка діагностичних моделей об'єкту і перетворення алгоритмів діагностування;
 - визначення місць підключення ВЗД.
- Відомі і нові функціональні залежності, що використовуються в методиці, приведені в табл. 1.

Таблиця 1

Функціональні залежності параметрів процесу групового пошуку дефектів від керованих змінних

| Параметр процесу діагностування | Вид групового пошуку дефектів | | |
|---|---|---|---|
| | незалежний | спільний | зонний |
| Трудовитрати на ремонт одного комплекту $W = T_B R$ | $\frac{tK + t_y SL}{P}$ | $\frac{\mu tK + t_y SL}{P}$ | $\frac{tK + t_y SL}{P}$ |
| Ймовірність правильної постановки діагнозу P | $p^{1+K/SL}$ | $p^{\mu(1+\log_{\mu+1}(L/n))}$ | $p^{1+ZK_Z/SL}$ |
| Число груп елементів n в алгоритмі діагностування | $\frac{SL(m-1)}{1-S}$ | $\frac{\mu SL}{(1-S)\ln(\mu+1)}$ | $\frac{SL(m-1)}{Z(1-S)}$ |
| Загальне число перевірок K | $\frac{1-S}{2SL(m-1)^2} \left(\frac{m-1}{1-S} - 1 \right) \times$ $\times \left(\frac{m-1}{1-S} + m \right) + 2(SL-1) +$ $+ SL \log_m \frac{1-S}{S(m-1)}$ | $SL \left(1 + \log_{\mu+1} \frac{L}{n} \right) +$ $+ \frac{n-\mu-1}{\mu}$ | $Z(1+K_Z) + SL/Z$ |
| Загальне число перевірок в зоні пошуку K_Z | | | $\frac{1-S}{2SL(m-1)^2} \left(\frac{m-1}{1-S} - 1 \right) \times$ $\times \left(\frac{m-1}{1-S} + m \right) + 2 \left(\frac{SL}{Z} - 1 \right) +$ $+ \frac{SL}{Z} \log_m \frac{1-S}{S(m-1)}$ |
| Середній час відновлення одного комплекту T_B | $\frac{tK + t_y SL}{P}$ | $\frac{tK + t_y SL/\mu}{P}$ | $\frac{tK + t_y SL}{RP}$ |
| Оптимальне число фахівців R | 1 | $\frac{t_y SL}{PT_{вд} - tK} = \mu$ | $\frac{tK + t_y SL}{PT_{вд}}$ |

- Алгоритм реалізації методики складається з таких етапів:
- здобуття і аналіз вихідних даних;
 - визначення виду ГПД (незалежний, спільний, зонний);
 - вибір форми УАД залежно від ступеню пошкодження ТС;

- розрахунок значень параметрів ДЗ;
- перевірка результату розрахунку на відповідність вимогам;
- при виконанні вимог перетворення алгоритму пошуку дефектів в ДП і виведення результатів, інакше зміна виду ГПД, форми і виду УАД або корекція вихідних даних.

Розглянемо порядок використання методики на прикладі діагностування підсистеми управління функціонуванням радіопередавача великої потужності, принципова схема якої приведена на рис. 1 [5].

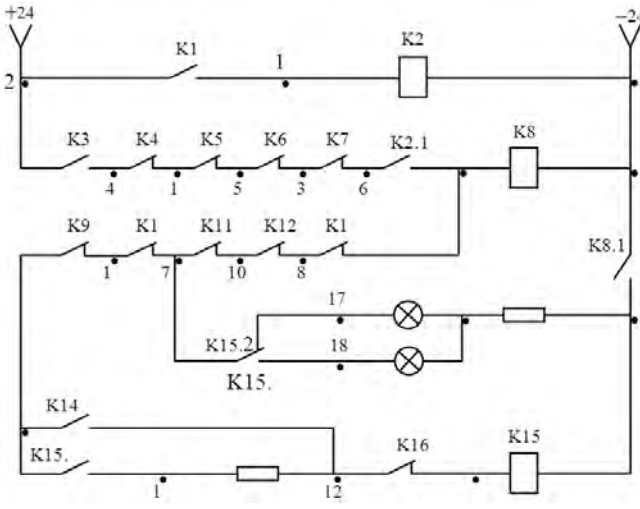


Рис. 1. Принципова схема підсистеми управління функціонуванням радіопередавача великої потужності

Об'єкт складається з автоматів включення напруги K2 і зміщення K8, контактора виключення високої напруги K15, контактів реле напруги K3, аероконтакту K1, блокувальних контактів наявності блоків передавача K4-K7, контактів механічного блокування відкриття дверей високовольтної камери K10, контактів реле максимального анодного струму K11-K13, кнопки включення K14 і відключення K16 високої напруги, ламп сигналізації наявності зміщення H1 і високої напруги H2. Порядок включення електроживлення радіопередавача фіксований: введення, охолодження, накалювання, зміщення, високе.

Бінарний УАД для поточного ремонту при незалежному пошуку дефектів одним фахівцем показаний на рис. 2, при цьому середнє число перевірок $K = 5,38$. Об'єкт складається з $L = 25$ елементів рознесених в просторі, що істотно затрудняє роботу фахівця. Використання групового спільного пошуку дефектів двома фахівцями з неоднорідного УАД (рис. 3) знижує середнє число перевірок до $K = 4,65$, що на 13,6% менше, ніж в першому випадку.

Внаслідок малої розмірності об'єкту оцінка імовірнісних параметрів не проводиться, оскільки вони завідомо відповідають вимозі $\rho < 0,5$ і $\rho_{\max} < 1,0$ навіть при використанні в процесі діагностування аналогових засобів вимірювання (наприклад, тестер Ц-4315) з $\rho \geq 0,85$.

Висновки

Використання методики дозволяє обґрунтовано вибрати варіант ГПД і кількісно оцінити його показники. Новизна методики і відмінність від відомих [1 – 5] полягають в наступному:

- використання отриманих функціональних залежностей значень параметрів ДЗ від керованих змінних (табл. 1);
- досліджені і використані результати за кількісною оцінкою дисперсії і середнього квадратичного відхилення діагнозу при помилці діагноста для обґрунтування рекомендацій по оптимізації форми УАД;
- кількісна оцінка імовірнісних характеристик виконується з врахуванням виду і форми УАД (раніше проводилася орієнтовна оцінка у всіх випадках за виразами для алгоритмів досконалої форми);

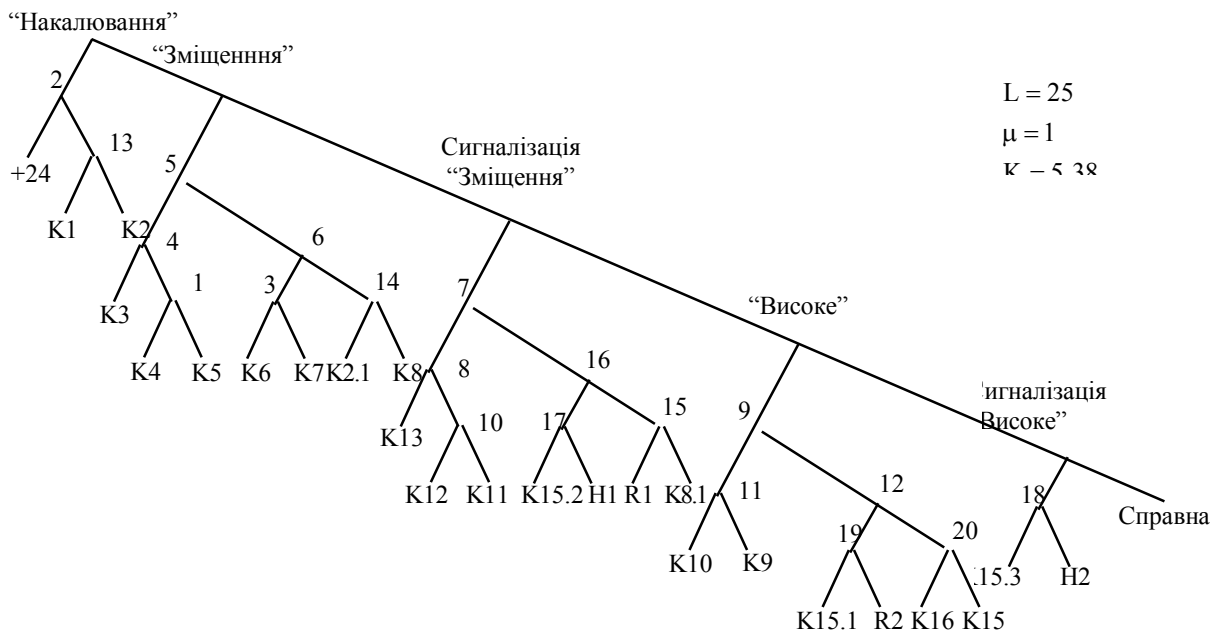


Рис. 2. Бінарний алгоритм діагностування підсистеми управління функціонуванням радіопередавача великої потужності

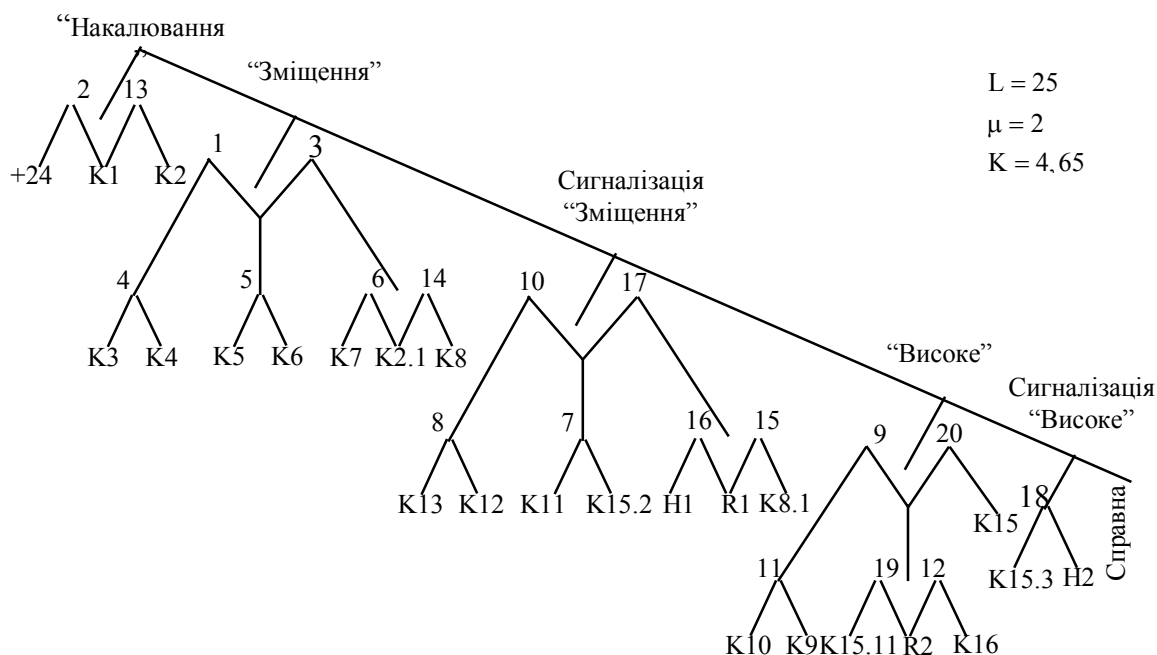


Рис. 3. Неоднорідний алгоритм діагностування підсистеми управління функціонуванням радіопередавача великої потужності з використанням групового спільного пошуку дефектів

– формалізація процесу розробки ДЗ ремонту ТЗ з використанням різних видів ГПД як для поточного ремонту, так і для усунення аварійних пошкоджень;

– використані результати моделювання процесу ГПД при різному ступені пошкодження ТЗ;

– формалізований порядок побудови групових УАД як по графічних, так і по матричних моделях об'єкту діагностування;

– при оцінці якості ДЗ ремонту ТЗ використані не лише часові і імовірнісні показники якості, але і кількісна оцінка трудовитрат на відновлення ТЗ при застосуванні різних видів ГПД.

Методика є основою аналітичних і алгоритмічних засобів розробки ДЗ існуючих і перспективних зразків ТЗ для ремонту в польових умовах екіпажами АЗ і АТЗ при усуненні аварійних пошкоджень. Методику доцільно використовувати при розробці нової редакції вимог до ремонтпридатності ТЗ, розробці технологічної документації перспективних АТЗ модульного типу, вдосконаленні ДЗ відновлення ТЗ у ремонтних органах.

Список літератури

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.

Надійшла до редколегії 2.06.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.В. Козловський, Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації НТУ України "Київський політехнічний інститут", Київ.

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

Л.М. Сакович, В.П. Романенко

Предложена формализация процесса разработки диагностического обеспечения ремонта техники связи с разной степенью повреждения и реализацией видов группового поиска дефектов.

Ключевые слова: диагностическое обеспечение, групповой поиск дефектов, условные алгоритмы диагностирования.

THE METHODOLOGY OF THE GROUP SEARCH FOR DEFECTS DEVELOPMENT DIAGNOSTIC SUPPORT IN THE REPAIR OF COMMUNICATIONS EQUIPMENT IN THE FIELD

L.N. Sakovich, V.P. Romanenko

Formalization of the process of development of the diagnostics support of telecommunications equipment repair with different defects level and realization of the of group defects search types is suggested.

Keywords: diagnostics support, group defects search, conditional algorithms of diagnostics.