

Л. М. Сакович<sup>1</sup>, Г. Я. Криховецький<sup>1</sup>, Ю. В. Мирошніченко<sup>1</sup>, І. Г. Ігнатенко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", Київ, Україна

<sup>2</sup> Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна

## ДІАГНОСТУВАННЯ ВТОРИННИХ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ЗАСОБІВ ЗВ'ЯЗКУ

**Анотація.** У статті розглядається підхід до технічного діагностування вторинних джерел електроживлення засобів зв'язку. Діагностування здійснюється під час поточного ремонту. При цьому враховуються особливості об'єкту діагностування, що впливають на процес пошуку дефектів. **Мета статті** – аналіз можливих варіантів розробки діагностичного забезпечення вторинних джерел електроживлення. При цьому враховується метрологічна надійність засобів виміральної техніки. Також розраховується ймовірність правильної постановки діагнозу під час пошуку дефектів при поточному ремонті. Обґрунтовуються практично реалізуємі рекомендації щодо забезпечення необхідних значень показників ремонтпридатності засобів зв'язку. Показана можливість і доцільність використання ефективних методів діагностування вторинних джерел електроживлення засобів зв'язку, які розглядають джерела як багатовихідні об'єкти. Це дозволяє під час проєктування врахувати вимоги щодо ремонтпридатності виробу. При поточному ремонті мінімізується час пошуку дефектів. Це здійснюється за рахунок раціонального вибору діагностичних процедур. При виборі враховуються конструктивні особливості і умови відновлення працездатності. Запропонована блок-схема алгоритму вибору варіанту діагностування, що мінімізує середній час відновлення об'єкту. Приведений конкретний приклад використання отриманих результатів при розробці умовного алгоритму діагностування блоку електроживлення збуджувача і радіоприймача радіостанції середньої потужності. Отримані результати доцільно використовувати при розробці діагностичного забезпечення перспективних засобів зв'язку або удосконалення існуючих засобів зв'язку без додаткових витрат.

**Ключові слова:** вторинні джерела електроживлення; діагностування; засоби зв'язку.

### Вступ

Сучасна елементна база засобів зв'язку (ЗЗ) безперервно удосконалюється, але збільшення кількості елементів внаслідок автоматизації технологічних операцій і впровадження цифрових методів обробки інформації не веде до відповідного збільшення значення показників надійності. Особливо це суттєво впливає на ремонтпридатність виробів тому, що вимоги до середнього часу відновлення ЗЗ не змінюються. Аналіз надійності ЗЗ показує, що від 20 до 30 % відмов обумовлено недостатньою надійністю вторинних джерел електроживлення (ВДЕ) [1 – 3]. Ця обставина потребує удосконалення їх діагностичного забезпечення (ДЗ) з врахуванням сучасних досягнень в галузі метрології та технічної діагностики, чого не враховують відомі методики [4 – 8].

**Мета статті** – аналіз можливих варіантів розробки ДЗ ВДЕ з врахуванням метрологічної надійності засобів виміральної техніки (ЗВТ) та ймовірності правильної постановки діагнозу під час пошуку дефектів при поточному ремонті з обґрунтуванням практично реалізуємих рекомендацій щодо забезпечення необхідних значень показників ремонтпридатності ЗЗ.

**Математична постановка завдання.** Відомо, що до 80 % середнього часу відновлення працездатності ЗЗ ( $T_e$ ) складає час діагностування ( $T_d$ ) [1, 2, 6]. Тому для забезпечення необхідного значення  $T_e$  потрібно мінімізувати  $T_d$ , тобто цільова функція досліджень має вигляд

$$T_d(x) = \min T_d(x^*); x^* \in \Delta; T_e \leq T_{en},$$

де  $T_{en}$  – припустиме значення  $T_e$  ЗЗ згідно керівних документів;  $x$  – параметри ДЗ;  $x^*$  – їх значення при рішенні завдання;  $\Delta$  – область припустимих значень зміни параметрів.

Параметри підрозділяють на такі групи:

- конструктивні ( $L$  – загальна кількість елементів,  $M$  – число блоків, що їх об'єднують);
- метрологічні ( $t_e$  – середній час виконання вимірювання,  $p$  – ймовірність правильної оцінки результату виконання перевірки,  $P$  – метрологічна надійність ЗВТ);
- технологічні (середні часи:  $t_y$  – усунення несправності,  $t_p$  – відключення роз'єму,  $t_n$  – підключення вбудованого ЗВТ,  $t_i$  – середній час оцінки стану індикаторів,  $t_z$  – середній час заміни блоку).

- Алгоритм рішення завдання:** 1) аналіз особливостей ВДЕ, як об'єкту діагностування;  
2) узагальнення формул оцінки значень  $T_d$ , при реалізації можливих варіантів діагностування;  
3) приклад дослідження залежностей  $T_d(M, t_e)$ ;  
4) формалізація процесу розробки ДЗ ВДЕ;  
5) приклад розробки ДЗ ВДЕ ЗЗ.

### Результати дослідження

**1. Аналіз особливостей об'єкту діагностування.** Розгляд схемної та конструктивної побудови ВДЕ [2, 3, 5] дозволяє визначити ряд особливостей, що зведено в табл. 1. Їх врахування на початковому періоді розробки ДЗ дозволяє максимально використовувати найбільш ефективні методи діагностування з мінімальними витратами.

Наприклад, залежно від конструкції ВДЕ і складу ЗПП доцільно використовувати процедуру пробних заміщень, яка потребує застосування ЗВТ та знижує вартість пошуку дефектів. Так саме максимальне використання вбудованої системи контролю дозволяє за мінімальний час визначити несправний типовий елемент заміни (ТЕЗ). Аналогічний ефект досягається використанням методу відключення

чень ТЕЗ, що також не потребує застосування ЗВТ на першому етапі діагностування. Врахування багаторежимності і наявності кількох виходів ВДЕ також дозволяє скоротити простір пошуку і зменшити значення  $T_0$ . Для фахівців ремонтних органів 33

позитивне і те, що ВДЕ мають типові схеми та конструктивні рішення. Приведені в табл. 1 особливості ВДЕ дозволяють відокремити їх, як об'єкт діагностування і використовувати на першому етапі пошуку дефекту – визначенні несправного ТЕЗ або блоку.

Таблиця 1 – Врахування особливостей джерел електроживлення під час відновлення їх працездатності

Особливості об'єкту діагностування	Вплив на процес пошуку дефектів
Захист апаратної зв'язку від попадання на корпус змінної напруги	Суворе дотримання правил безпеки. Заміна безпосереднього вимірювання напруги перевіркою опору ізоляції
Наявність блокування високовольтних випрямлячів	Скорочення простору пошуку за результатами оцінки стану засобів зв'язку
Захист від перевантаження в ланцюгах змінної і постійної напруги	Скорочення простору пошуку за результатами оцінки стану засобів вбудованого контролю
Зміна значень струму і напруги в межах від $10^{-6}$ до $10^4$	Необхідність використання різноманітних засобів вимірювань струму і напруги
Наявність змінних, постійних, імпульсних струмів і напруг	Використання відповідних процедур і приладів діагностування
Об'єднання електромеханічних, електричних та електронних засобів	Використання процедури пробних заміщень без додаткових засобів вимірювальної техніки
Конструкція у вигляді окремих блоків і типових елементів заміни	Скорочення простору пошуку за результатами оцінки стану засобів вбудованого контролю
Резервування найменш надійних блоків і плат	Необхідність використання спеціальних процедур пошуку дефектів, їх заміни в процесі діагностування
Наявність в складі ЗПП окремих вузлів і плат	Застосування типових методик і процедур діагностування, спрощення підготовки фахівців
Наявність засобів вбудованого контролю значень параметрів	
Наявність дефектів типу "обрив" і "перевантаження"	
Багаторежимні та багатовихідні об'єкти	
Використання типових схемних і конструктивних рішень	

**2. Кількісна оцінка значень середнього часу діагностування вторинних джерел електроживлення засобів зв'язку.** Узагальнення математичного апарату, приведені в [1-3, 9], з врахуванням досягнень технічної діагностики і метрології [6, 8], дає можливість розглянути варіанти пошуку дефектів:

1. Побудова умовного алгоритму діагностування (УАД) за відомими методиками [1, 2, 6, 8] без врахування структури ВДЕ.

2. Розглядається двохетапний процес пошуку дефекту: по-перше, визначення несправного ТЕЗ або блоку, а потім елементу, що відмовив. На 1 етапі за результатами аналізу вимірювань вихідних сигналів (змінних або постійних напруг) за допомогою зовнішніх ЗВТ визначають несправний ТЕЗ або блок, потім за УАД мінімальної форми з використанням цих же ЗВТ локалізують несправний елемент. 2 етап діагностування в наступних варіантах реалізується аналогічно.

3. На першому етапі пошуку – виконання процедури пробних заміщень без ЗВТ.

4. При відновленні підсистем електроживлення в 33 великої розмірності з рознесеними в просторі елементами (наприклад, апаратні зв'язку або радіопередавальні станції великої потужності) працюють бригади фахівців, які реалізують груповий пошук дефектів. На обох етапах пошуку використовують однотипні ЗВТ.

5. На першому етапі пошуку – реалізація методу переключень, що не потребує застосування ЗВТ.

6. При наявності вбудованих ЗВТ або індикаторів, за їх допомогою визначають несправний ТЕЗ або блок.

Середній час діагностування ВДЕ, як багатовихідних об'єктів, кількісно оцінюють за виразами табл. 2, де  $n = L/M$  – середня кількість елементів в блоці,  $\mu$  – загальна кількість фахівців при груповому пошуку дефектів.

Таблиця 2 – Середній час діагностування багатовихідних об'єктів

№	Варіант		Середнє число перевірок		Середній час діагностування, $T_i$
	пошук блоку	пошук ел-ту	пошук блоку, $K_0$	пошук елементу, $K_e$	
1	Загальний умовний алгоритм діагностування		$K = \frac{(n+1)(1+\log_2(n+1))+n((M-1)(1+\log_2 n)+0.5(M-1)M-1)}{1+nM}$		$T_1 = Kt_B / (p_k P)$
2	Вимірювання вихідних сигналів	УАД мінімальної форми	$\frac{(M-1)(M+2)}{2M}$	$\log_2(L/M)$	$T_2 = \left( \frac{K_0}{p^{K_0}} + \frac{K_e}{p^{K_e}} \right) \cdot \frac{t_B}{p}$
3	Процедура пробних заміщень	УАД мінімальної форми	$(M-1)(M+2)/(2M)$	$\log_2(L/M)$	$T_3 = K_0 t_3 + K_e t_B / p^{K_e P}$
4	Груповий пошук	УАД мінімальної форми	$\mu \left[ \frac{M-1}{\mu} \right] \left( \left[ \left[ \frac{M-1}{\mu} \right] \right] + 1 \right) / (2M)$	$\log_2(L/M)$	$T_4 = \left( \frac{K_0}{p^{K_0}} + \frac{K_e}{p^{K_e}} \right) \cdot \frac{t_B}{p}$
5	Відключення роз'ємів	УАД мінімальної форми	$M(1-2^{-M}) \log_2 M$	$\log_2(L/M)$	$T_5 = K_0 t_3 + \frac{K_e t_B}{p^{K_e P}}$
6	Перевірка індикаторів або показників вбудованих ЗВТ	УАД мінімальної форми	$M$	$\log_2(L/M)$	$T_6 = \frac{K_0(t_p + t_i)}{p_1^{K_0 P_1}} + \frac{K_e t_B}{p_2^{K_e P_2}}$

**3. Дослідження впливу кількості блоків на час діагностування.** Порівняємо варіанти діагностування ВДЕ при однакових умовах:  $L = 256$ ;  $p = 0,9997$ ;  $P = 0,98$ ;  $t_6 = 3 \text{ хв}$ ;  $t_3 = t_p = t_n + t_i = 1 \text{ хв}$  [1, 2, 7]. Результати розрахунків приведено на рис. 1.

З їх аналізу слідує, що вибір варіанту діагностування суттєво впливає на час відновлення. Наприклад, якщо при  $M = 5$  замість варіанту 3 використовувати варіант 5, то час діагностування збільшиться в 1,5 рази. Якщо зменшити  $t_6$  до 2 хвилин, то отримуємо іншу картину розподілу варіантів і при  $M = 5$  найкращим буде варіант 4 (рис. 2). Взагалі на час діагностування впливають всі аргументи:  $\mu$ ,  $t_6$ ,  $t_3$ ,  $t_p$ ,  $t_n$ ,  $t_i$ ,  $p$ ,  $P$ ,  $L$ . Тому не існує найкращого варіанту діагностування для усіх випадків і залежно від особливостей ВДЕ і умов їх відновлення необхідно обирати той, що відповідає вимогам до ремонтпридатності. Приведені залежності мають фізичний сенс тільки при цілочислених значеннях аргументу  $M$ .

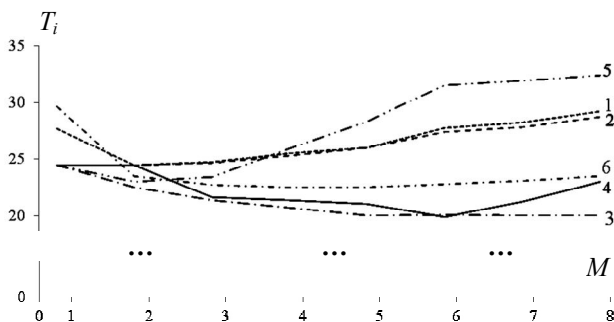


Рис. 1. Залежності середнього часу відновлення від кількості блоків ( $t_6 = 3 \text{ хв}$ )

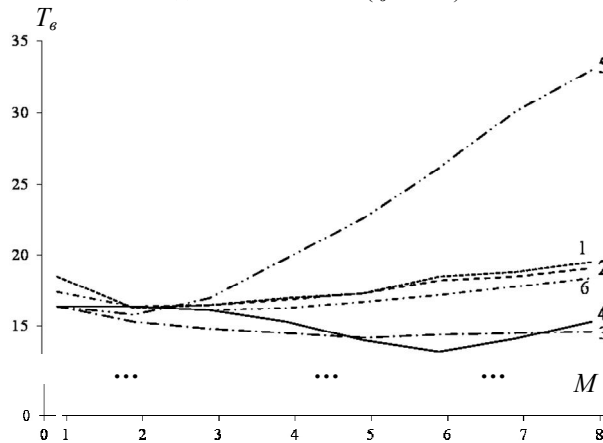


Рис. 2. Залежності середнього часу відновлення від кількості блоків ( $t_6 = 2 \text{ хв}$ )

**4. Алгоритмізація вибору варіанту діагностування.** Залежно від особливостей схемної і конструктивної побудови ВДЕ, а також умов відновлення працездатності кількісно оцінюється час діагностування з використанням всіх можливих варіантів, потім вибирається найкращий по критерію мінімуму часу діагностування. З врахуванням середнього значення часу усунення несправності  $t_y$ , кількісно оцінюється для обраного варіанту діагностування середній час відновлення. При використанні умови  $T_B \leq T_{вп}$  розробляється УАД, якщо  $T_B > T_{вп}$ , то необхідна заміна вихідних даних: використання інших ЗВТ, підвищення кількості або кваліфікації вико-

навців. Блок-схема алгоритму вибору варіанту діагностування ВДЕ приведена на рис. 3.

**5. Кількісна оцінка відхилення діагнозу при помилці фахівця в оцінці результату виконання перевірки.** В роботах [10, 11] приведені результати досліджень діагностичних помилок при пошуку дефектів в одновихідних об'єктах. Їх використання для БВО неможливе: відмова елементів, що впливають на вихідні параметри одного виходу не ведуть до зміни вихідних параметрів інших, бо вони працюють незалежно.

При двохетапному пошуку дефектів спочатку визначають несправний блок, вихідні параметри якого виходять за припустимі межі. В цьому випадку використовують УАД максимальної форми – перевірки усіх вихідних сигналів з врахуванням ймовірності переважного вибору [1]. Для УАД недосконалої форми середнє значення відхилення діагнозу при одній помилці фахівця в оцінці результату вимірювання параметру дорівнює [10, 11]

$$\rho = \frac{1-p}{L} \sum_{i=1}^{K \max} \ell_i (2^i - 1) p^{i-1} < 0,5,$$

де  $\ell_i$  – кількість діапазонів після виконання  $i$  перевірок.

Цей вираз доцільно використовувати при оцінці якості діагностичного забезпечення другого етапу пошуку дефектів.

На першому етапі діагностування при поблочній перевірці БВО  $l_i = 1$  і залежно від номеру помилки при вимірюванні параметру на виході отримуємо:

$$\rho_1 = (1-p)p^0; \quad \rho_2 = (1-p)p^1;$$

$$\rho_3 = (1-p)p^2; \dots; \rho_{M-1} = (1-p)p^{M-2},$$

тобто середнє значення математичного сподівання відхилення діагнозу дорівнює:

$$\rho = ((1-p)/M) \cdot \sum_{i=0}^{M-2} \rho^i = (1-p^M)/M.$$

**6. Приклад розробки діагностичного забезпечення.** Розглянемо використання отриманих результатів на прикладі розробки діагностичного забезпечення ВДЕ збуджувача і радіоприймача радіостанції середньої потужності. До складу блоку БЗ-28 входять: 6 трансформаторів, 17 запобіжників, 2 перемикача, 10 випрямлячів, 10 фільтрів, 5 стабілізаторів напруги та вбудований вольтметр ( $p = 0,971$ ). Блок має 14 виходів, вбудований засіб діагностування, багатовихідні елементи (трансформатори), однотипні вузли, всього  $L = 52$ . В такому разі доцільно використовувати варіант 6 діагностування ВДЕ з перевіркою всіх вихідних напруг вбудованим вольтметром і пробними заміщеннями запобіжників.

На рис. 4 приведено бінарний УАД з середньою кількістю перевірок  $K = 8$ . УАД побудовано з врахуванням ймовірності переважного вибору – в першу чергу перевіряють виходи, на які впливає більше елементів і час перевірки мінімальний [1].

Оцінимо показники якості УАД за умови, що  $T_{en} = 30 \text{ хв}$ ,  $t_y = 5 \text{ хв}$ ,  $t_n = 0,5 \text{ хв}$ ,  $t_6 = 3 \text{ хв}$ ,  $t_3 = 1 \text{ хв}$  – перевірка запобіжника омметром.

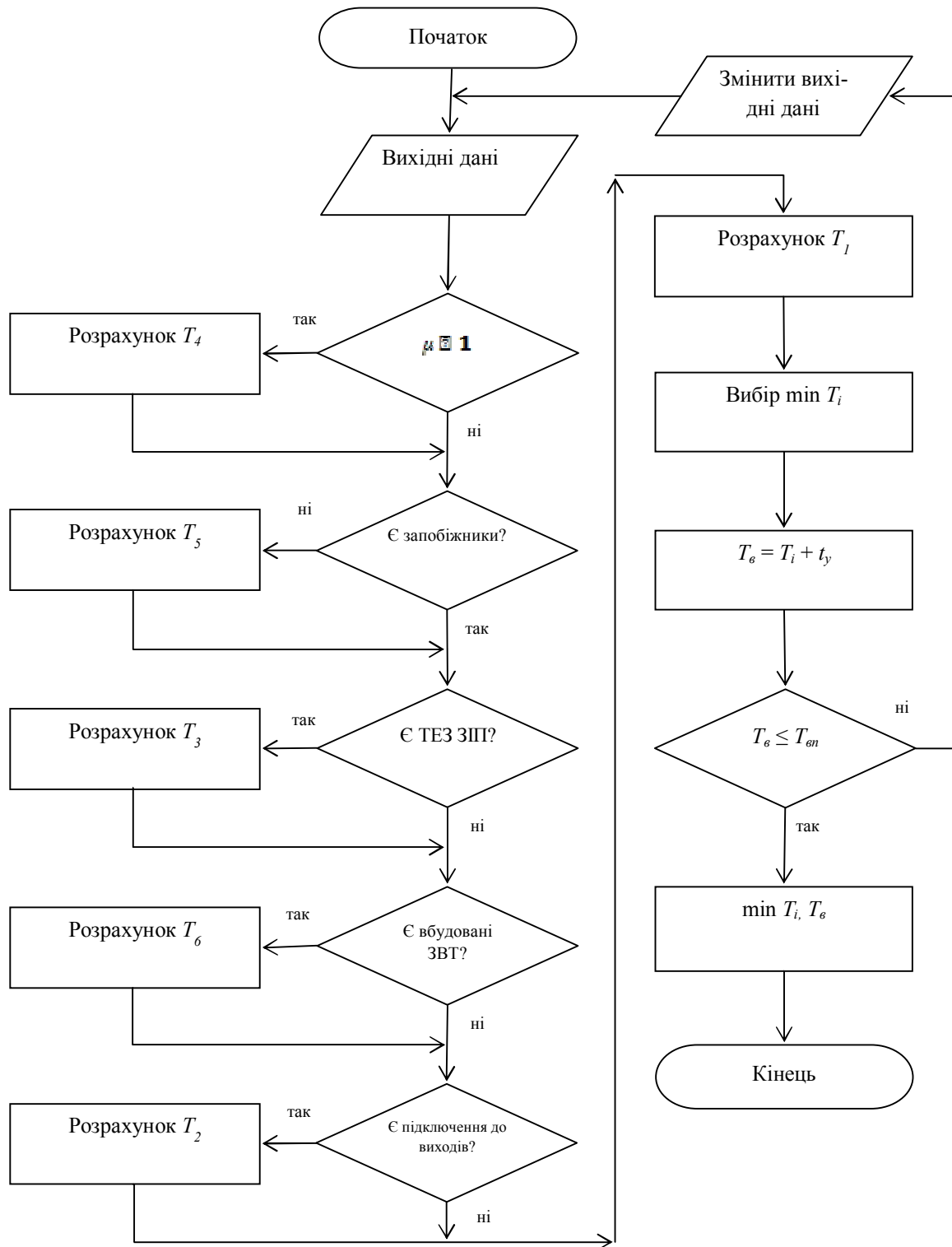


Рис. 3. Блок-схема алгоритму вибору варіанту діагностування

В такому разі середній час виконання перевірки складе :

$$t = \frac{0.5 \cdot 14 + 12 \cdot 1 + 37 \cdot 3}{52} = 2.5 (\text{хв.}).$$

При використанні омметра Ц-4340  $p_1 = 0,971$ , а цифрового вольтметра В7-27А  $p_2 = 0,9993$ . Метрологічна надійність ЗВТ дорівнює  $P = 0,978$ .

Середній час відновлення блоку електроживлення

$$T_e = \frac{t \cdot K + t_y}{p_1 \cdot p_2 \cdot P} = 27 (\text{хв.}) < T_{en} = 30 (\text{хв.}),$$

що задовольняє вимогам.

В УАД обмотки багатовихідних трансформаторів розглядаються, як окремі елементи. Оцінка математичного сподівання відхилення діагнозу при помилці фахівця не перевищує припустимі межі:

$$\rho = \frac{1 - 0.971^{14}}{14} \approx 0.071 \ll 0.5,$$

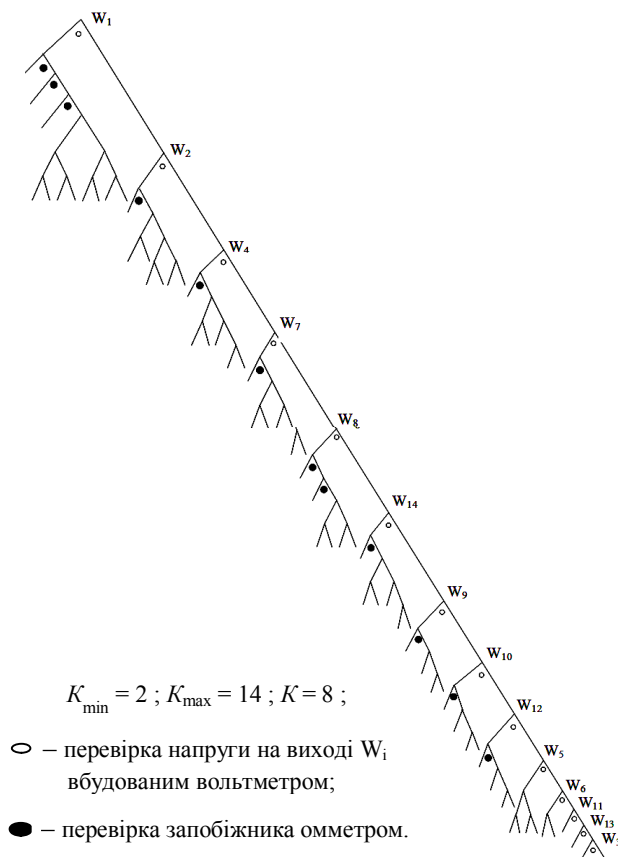


Рис. 4. Умовний алгоритм діагностування блоку електроживлення БЗ-28

Тобто УАД задовольняє усім вимогам і можливе його перетворення в діагностичну програму.

### Висновки

Проаналізовані вторинні джерела електроживлення засобів зв'язку, як об'єкти діагностування. Встановлено вплив особливостей схемної і конструктивної побудови на вибір варіанту відновлення працездатності.

Приведені аналітичні вирази для кількісної оцінки часу діагностування можливими варіантами.

Досліджено вплив поділу джерел електроживлення на конструктивні блоки під час пошуку дефектів.

Показано відсутність універсального варіанту діагностування і необхідність його вибору в кожному конкретному випадку. Для цього запропонована блок-схема алгоритму вибору варіанту діагностування, що мінімізує середній час відновлення об'єкту.

Приведений конкретний приклад використання отриманих результатів при розробці умовного алгоритму діагностування блоку електроживлення збуджувача і радіоприймача радіостанції середньої потужності.

Подальші дослідження доцільно направити на методичне забезпечення розробки діагностичного забезпечення вторинних джерел електроживлення з кратними дефектами, отриманими в результаті аварійних або бойових пошкоджень.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ксєнз С.П. Диагностика и ремонтпригодность радиоэлектронных средств. Москва: Радио и связь, 1989, 248 с.
2. Сакович Л.Н., Бобро Р.А. Ремонт вторичных источников электропитания техники связи. *Зв'язок*, № 7, 2005, С. 56-60.
3. Желнов А.И., Романенко В.П. Электроживлення систем зв'язку. Київ: ІСЗЗІ НТУУ "КПІ", 2016, 84 с.
4. Липкань О. Военная техника связи. *УНИАН*, №28 (116), 2000. С. 9-10.
5. Сакович Л.Н., Курченко О.А. Диагностирование многовыходных аналоговых объектов. *Зв'язок*, № 3, 2001, С. 52-54.
6. Ксєнз С.П., Полтаржицкий М.И., Алексеев С.П., Минеев В.В. Борьба с диагностическими ошибками при техническом обслуживании и ремонте систем управления связи и навигации. Санкт-Петербург: ВАС, 2010, 240 с.
7. Yevhen Ryzhov, Lev Sakovych, Maksym Yakovlev, Petro Vankevych, Yuriy Nastishin. Optimization of requirements for measuring instruments at metrological service of communication tools. *Measurement Journal of International Measurement Confederation*, 2018, Vol. 123, P. 19-25, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.03.055>.
8. Василишин В.І., Женжера С.В., Чечуй О.В., Глушко А.П. Основы теории надёжности та експлуатації радіоелектронних систем. Харків: ХНУПС, 2018, 268 с.
9. Сакович Л.М., Ходич О.В., Мирошніченко Ю.В. Дослідження умовних алгоритмів діагностування багато вихідних об'єктів. Київ: ІСЗЗІ КПІ, Спеціальні телекомунікаційні системи та захист інформації. Вип. 2 (8), 2020, С. 47-56.
10. Сакович Л.Н., Вансович Ю.П. Количественная оценка диагностических ошибок при восстановлении работоспособности техники связи. *Зв'язок*, № 5-6, 2008, С. 58 – 61.
11. Сакович Л.Н., Вансович Ю.П. Количественная оценка математического ожидания максимального отклонения диагноза. *Зв'язок*, № 3, 2009, С. 47 – 49.

### REFERENCES

1. Ksenz, S.P. (1989), *Diagnostics and maintainability of radio-electronic means*, Radio and communication, Moscow, 248 p.
2. Sakovich, L.N. & Bobro, R.A. (2005), "Repair of secondary power supplies of sanctuary equipment", *Zviatok*, No. 7, pp. 56-60.
3. Zhelnov, A.I. & Romanenko, V.P. (2016), *Electrical installation of communication systems*, NTUU "KPI", Kyiv, 84 p.
4. Lipcani, O. (2000), "Military communications equipment", *UNIAN*, No. 28 (116), pp. 9-10.
5. Sakovich, L.N. & Kurchenko, O.A. (2001), Diagnostics of multi-output analog objects, *Zviatok*, No. 3, pp. 52-54.
6. Ksenz, S.P., Poltarzhitsky, M.I., Alekseev, S.P. & Mineev, V.V. (2010), "Fighting Diagnostic Errors in the Maintenance and Repair of Communication and Navigation Control Systems", *VAS*, St. Petersburg, 240 p.
7. Ryzhov, Yevhen, Sakovych, Lev, Yakovlev, Maksym, Vankevych, Petro & Nastishin, Yuriy (2018), "Optimization of requirements for measuring instruments at metrological service of communication tools", *Measurement Journal of International Measurement Confederation*, Vol. 123, pp. 19-25, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.03.055>.
8. Vasilishin, V.I., Zhenzhera, S.V., Chechuy, O.V. & Glushko A.P. (2018), *Fundamentals of the theory of reliability and operation of electronic systems*, KhNUPS, Kharkiv, 268 p.
9. Sakovich, LM, Khodich, OV & Miroshnichenko, Yu.V. (2020), "Research of conditional algorithms for diagnosing many source objects", *Special telecommunication systems and information protection*, Vol. 2 (8), pp. 47-56.

10. Sakovich, L.N. & Vansovich, Yu.P. (2008), "Quantitative assessment of diagnostic errors in restoring the operability of communication equipment", *Zviyazok*, no. 5-6, pp. 58-61.
11. Sakovich, L.N. & Vansovich, Yu.P. (2009), "Quantification of the mathematical expectation of the maximum deviation of the diagnosis", *Zviyazok*, no. 3, pp. 47-49.

Received (Надійшла) 16.12.2020

Accepted for publication (Прийнята до друку) 10.02.2021

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ / ABOUT THE AUTHORS

- Сакович Лев Миколайович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри, Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету України "КПІ імені Ігоря Сікорського", Київ, Україна;  
**Lev Sakovich** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Institute of Special Communication and Information Protection of the National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine;  
e-mail: [lev@sakovich.com.ua](mailto:lev@sakovich.com.ua); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8257-7086>.
- Криховецький Георгій Яремович** – кандидат технічних наук, с. н. с., завідувач кафедри, Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету України "КПІ імені Ігоря Сікорського", Київ, Україна;  
**Heorhii Krykhovetskyi** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, Head of Department, Institute of Special Communication and Information Protection of the National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine;  
e-mail: [kgeorg@ukr.net](mailto:kgeorg@ukr.net); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1771-6211>.
- Мирошніченко Юрій Володимирович** – аспірант, Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету України "КПІ імені Ігоря Сікорського", Київ, Україна;  
**Iurii Myroshnychenko** – postgraduate student, Institute of Special Communication and Information Protection of the National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine;  
e-mail: [miroshnychenko\\_yuriv@ukr.net](mailto:miroshnychenko_yuriv@ukr.net); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8603-9429>.
- Ігнатенко Іван Григорович** – студент, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна;  
**Ivan Myroshnychenko** – student, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine;  
e-mail: [shika4440592@gmail.com](mailto:shika4440592@gmail.com); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4838-6104>.

**Диагностирование вторичных источников электропитания средств связи**

Л. Н. Сакович, Г. Я. Криховецький, Ю. В. Мирошніченко, И. Г. Ігнатенко

**Аннотация.** В статье рассматривается подход к техническому диагностированию вторичных источников электропитания средств связи. Диагностирование осуществляется при текущем ремонте. При этом учитываются особенности объекта диагностирования, влияющие на процесс поиска дефектов. **Цель статьи** – анализ возможных вариантов разработки диагностического обеспечения вторичных источников электропитания. При этом учитывается метрологическая надежность средств измерительной техники. Также рассчитывается вероятность правильной постановки диагноза при поиске дефектов при текущем ремонте. Обосновываются практически реализуемые рекомендации по обеспечению требуемых значений показателей ремонтпригодности средств связи. Показана возможность и целесообразность использования эффективных методов диагностики вторичных источников электропитания средств связи, которые рассматривают источники как объекты с многими входами. Это позволяет при проектировании учесть требования по ремонтпригодности изделия. При текущем ремонте минимизируется время поиска дефектов. Это осуществляется за счет рационального выбора диагностических процедур. При выборе учитываются конструктивные особенности и условия восстановления работоспособности. Предложенная блок-схема алгоритма выбора варианта диагностирования минимизирует среднее время восстановления объекта. Приведен конкретный пример использования полученных результатов при разработке условного алгоритма диагностики блока электропитания возбуждателя и радиоприемника радиостанции средней мощности. Полученные результаты целесообразно использовать при разработке диагностического обеспечения перспективных средств связи или усовершенствовании существующих средств связи без дополнительных затрат.

**Ключевые слова:** вторичные источники электропитания; диагностирование; средства связи.

**Diagnostics of secondary power supplies means of communication**

Lev Sakovich, Heorhii Krykhovetskyi, Iurii Myroshnychenko, Ivan Ihnatenko

**Abstract.** The article discusses an approach to technical diagnostics of secondary power supplies for communication facilities. Diagnostics is carried out during the current repair. This takes into account the features of the object being diagnosed, which affect the process of searching for defects. The purpose of the article is to analyze possible options for the development of diagnostic support for secondary power supplies. This takes into account the metrological reliability of measuring equipment. The probability of correct diagnosis is also calculated when searching for defects during routine repairs. Practically implemented recommendations for ensuring the required values of the indicators of the maintainability of communication facilities are substantiated. The possibility and expediency of using effective methods for diagnostics of secondary power supplies of communication facilities, which consider the sources as objects with many inputs, are shown. This allows the design to take into account the requirements for the maintainability of the product. During routine repairs, the time needed to search for defects is minimized. This is done through a rational choice of diagnostic procedures. When choosing, design features and conditions for restoring performance are taken into account. The proposed block diagram of the algorithm for choosing a diagnostic option minimizes the average recovery time of an object. A specific example of using the results obtained in the development of a conditional diagnostic algorithm for the power supply unit of the exciter and the radio receiver of an average power radio station is given. It is advisable to use the results obtained in the development of diagnostic support for promising communication facilities or in the improvement of existing communication facilities without additional costs.

**Keywords:** secondary power supplies; diagnosing; means of communication.