

КОМПЛЕКСНА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ЗВ'ЯЗКУ

COMPLEX METHOD OF METROLOGICAL EXAMINATION OF MILITARY COMMUNICATION TECHNOLOGY

Яковлев М. Ю., д-р техн наук, ст. наук співр.

Національна академія Національної гвардії України, Україна; e-mail: myyg2015@gmail.com

Аркушенко П. Л., канд. техн. наук

Державний науково-випробувальний центр Збройних сил України, Україна

Рижов Є. В., канд. техн. наук

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Україна

M. Yakovlev, Dr. Sc.

National Academy of the National Guard of Ukraine, e-mail: myyg2015@gmail.com;

P. Arkushenko, PhD

State Scientific and Testing Center of the Armed Forces of Ukraine, Ukraine

Ye. Ryzhov, PhD

Hetman Petro Sahaidachniy National Army Academy, Ukraine

<https://doi.org/10.23939/istcmtm2018.03.055>

Анотація. Розкрито основні етапи комплексної методики проведення метрологічної експертизи військової техніки зв'язку. Реалізація зазначених етапів комплексно дає змогу мінімізувати кількість вимірювальних параметрів та встановити раціональну послідовність їх вимірювання, що зменшить час встановлення технічного стану військової техніки зв'язку, а обґрунтування значення ймовірності правильної оцінки вимірюваного параметра допоможе вибирати дешевші засоби вимірювальної техніки військового призначення. Виконано експериментальне дослідження для підтвердження працездатності запропонованої комплексної методики на прикладі короткохвильової радіостанції Р-1150.

Ключові слова: метрологічна експертиза, військова техніка зв'язку, засоби вимірювальної техніки військового призначення, метрологічне забезпечення, метрологічні характеристики.

Abstract. Modern and promising examples of military communication technology belong to the most knowledge-intensive and high-tech types of industrial products, which are subject to increased requirements for quality and efficiency of use. The effective functioning of the system of scientific and technical support for the development (modernization) of military equipment of communication is based on the main types of support, which includes the metrological support. In this case, it is important to analyze and evaluate the correctness of the task of the requirements for the metrological provision of samples of military communication equipment and control over their implementation. Control (measurement) of parameters of military equipment of communication and the choice of necessary measuring equipment takes place during metrological service, when their technical condition is established, which is the main task of technical diagnostics. When defining the values of parameters from the norm the following problem of technical diagnostics is solved – the search and replacement of the defective element. Then to reduce the number of measurements the conventional diagnostic algorithms are applied. The main content of the work on justification of the requirements for metrological support consists of the choice of the nomenclature of measuring instruments. All these tasks are solved during the metrological examination of technical means. The well-known works highlight the results of the improvement of partial methods of metrological examination of military communication technology.

The procedure for applying methods for assessing the validity of technical solutions for the metrological support of military communication technology is considered on the example of the modern short-wave radio station R-1150, which is designed to provide two-way interference-protected telephone and telegraph radio communication and for data transmission over shortwave radio channels. The short-wave radio station P-1150 is one of the modern models of domestic production, which was adopted by the Armed Forces of Ukraine.

The main stages of the complex method of metrological examination of military communication technique are revealed. Implementation of these stages in a complex way allows to minimize the number of measuring parameters and establish a rational sequence of their measurement, which will reduce the time of establishing the technical state of military communication equipment, and justification of the value of the probability of correct measurement of the measured parameter allows you to choose cheaper means of measuring equipment for military use.

Conducting an experimental study showed that it is possible to reduce the time and the corresponding labor costs to assess the technical state of the short-wave radio station P-1150 by 31,0 %, and with a measurement error margin of 24,4 %.

Key words: Metrological Examination, Military Communication Equipment, Measuring Means for Military Purpose, Metrological Support, Characteristics.

Вступ

Аналіз і оцінка технічних рішень з вибору параметрів, які підлягають вимірюванню, вста-

новленню норм точності та забезпеченню методами і засобами вимірювань процесів розроблення, виготовлення, випробовування, експлуатації та ремонту

виробів здійснюються під час метрологічної експертизи. В роботах [1–6] висвітлено результати удосконалення часткових методик метрологічної експертизи військової техніки зв'язку.

Порядок застосування методик оцінки обґрунтованості технічних рішень із метрологічного забезпечення військової техніки зв'язку (далі – ВТЗ) розглянемо на прикладі сучасної короткохвильової радіостанції Р-1150, яка призначена для забезпечення двостороннього завадозахищеного телефонно-телеграфного радіозв'язку й для передавання даних по радіоканалах короткохвильового діапазону. Короткохвильова радіостанція Р-1150 є одним із сучасних зразків ВТЗ вітчизняного виробництва, використовується у Збройних силах України. Її основні технічні характеристики наведено у [7].

Мета роботи

Метою роботи є розроблення комплексної методики проведення метрологічної експертизи військової техніки зв'язку, що забезпечує зниження часу і витрат праці на оцінку технічного стану військової техніки зв'язку.

Метрологічна експертиза військової техніки зв'язку

Розглянемо сутність комплексної методики проведення метрологічної експертизи ВТЗ. Конструктивно радіостанція складається з п'яти блоків з глибиною, до якої вбудовано системою контролю здійснюється пошук дефекту. У комплект ЗІП-О запасні типові елементи заміни (далі ТЕЗ) не входять.

Експериментальне дослідження реалізується такими етапами:

Перший етап. Всі вихідні дані отримані із посібника з експлуатації короткохвильової радіостанції Р-1150 [4], а також із експертного опитування фахівців.

Другий етап. Для визначення послідовності вимірювання параметрів під час метрологічного обслуговування військової техніки зв'язку залучено фахівців, яких підібрано відповідно до [7] та проведено їх експертне опитування для визначення рангу кожного параметра радіостанції Р-1150 за чотирма показниками, а саме: за їх важливістю (R_{Pi}), кількістю елементів, що впливають на формування кожного параметра (Re_i), часу виконання вимірювань (R_{Ch}) та вартості вимірювання (R_{Cv}). Узагальнені результати експертного опитування наведено в табл. 1, вони визначають послідовність перевірки параметрів (R_i) за ступенем зростання комплексного коефіцієнта W_i із використанням співвідношення (1):

$$W_i = 0,45R_{Pi} + 0,27Re_i + 0,17R_{Ch} + 0,11R_{Cv}. \quad (1)$$

Оскільки використано чотири окремі показники (R_{Pi} , Re_i , R_{Cv} , R_{Ch}) для знаходження вагових коефіцієнтів ВТЗ, то прийнято значення, отримані в попередніх роботах, а саме: $K_{Pi} = 0,45$; $K_{Re} = 0,27$; $K_{Ch} = 0,17$; $K_{Cv} = 0,11$.

Отже, з використанням вагових коефіцієнтів, які формують послідовність та час перевірки параметрів, визначаємо послідовність вимірювання параметрів R_i .

Таблиця 1

Узагальнені відомості щодо важливості параметрів короткохвильової радіостанції Р-1150

Table 1

Generalized information on the importance of the parameters of the short-wave radio station R-1150

Параметр	R_{Pi}	Re_i	R_{Cv}	R_{Ch}	W_i	R_i
П ₁	1	2	4	5	1,9	1
П ₂	3	2	7	1	3,5	3
П ₃	4	2	6	2	3,8	4
П ₄	2	1	5	3	2,3	2
П ₅	5	2	8	7	4,7	5
П ₆	7	3	2	6	4,8	6
П ₇	8	3	1	4	5,1	8
П ₈	6	4	3	8	4,8	7

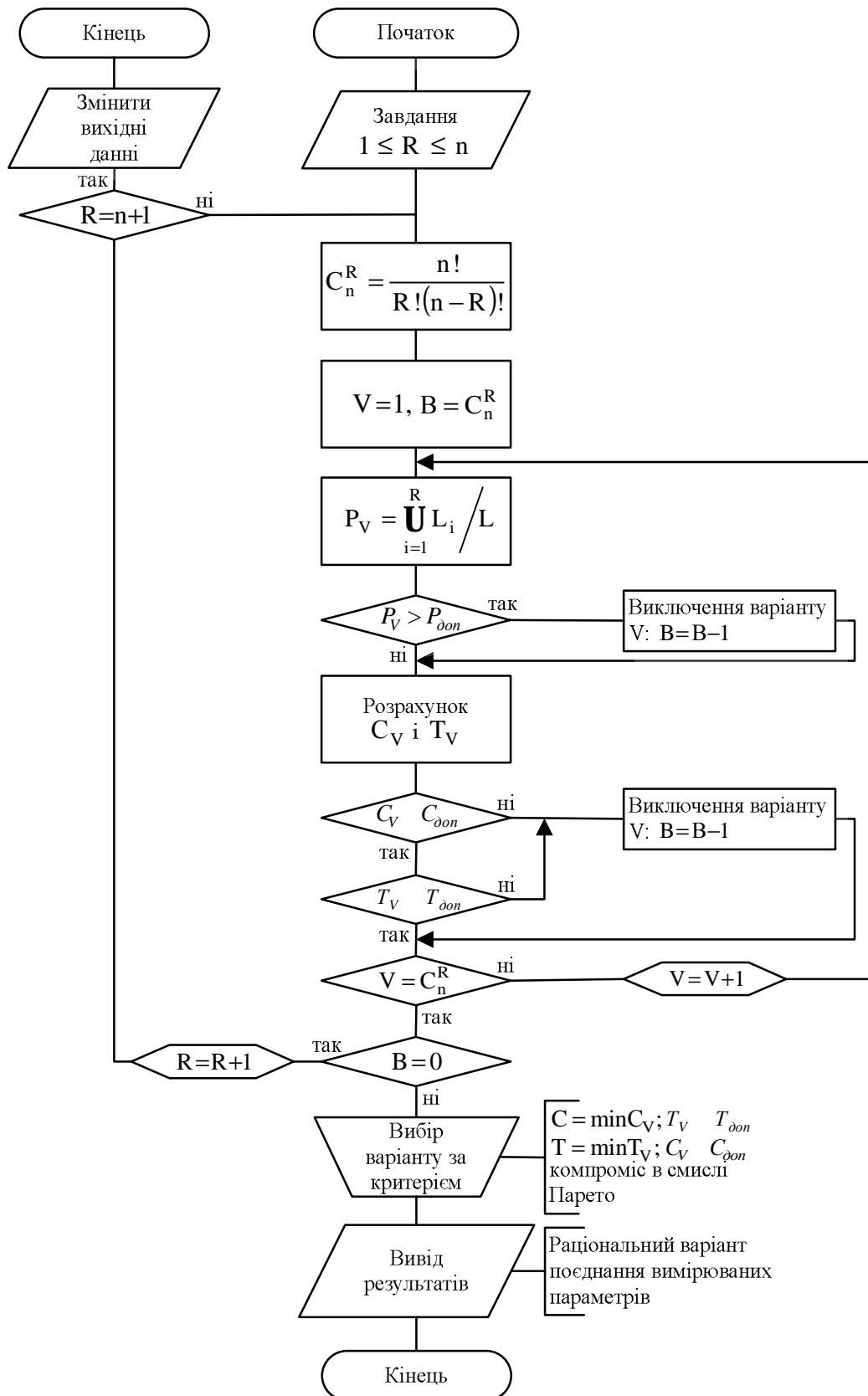


Рис. 1. Блок-схема алгоритму вибору раціонального варіанта набору вимірювальних параметрів
 Figure 1. Block diagram of the algorithm for choosing a rational version of the set of measuring parameters

У разі їх рівності переходимо до вибору раціонального варіанта вимірювальних параметрів, який задовольняє вимоги за блок-схемою алгоритму (рис. 1).

Тоді визначаємо послідовність ВП R_i :

- чутливість радіоприймача (Π_1);
- потужність радіопередавача (Π_4);
- діапазон ручного регулювання підсилення (Π_2);
- діапазон автоматичного регулювання підсилення (Π_3);
- частота опорного генератора (Π_5);
- нерівномірність АЧХ приймального тракту (Π_6);
- нелінійні спотворення (Π_7);
- енергоспоживання (Π_8).

Третій етап. Для визначення мінімально необхідної кількості ВП під час проведення метрологічного обслуговування ВТЗ скористаємось функ-

ціональною схемою короткохвильової радіостанції Р-1150 [7], її збільшену схему наведено на рис. 2, а теоретико-множинну модель на рис. 3, де M_i – множина елементів блоків збільшеної схеми.

З теоретико-множинної моделі (рис. 3) випливає, що з послідовністю, наведеною у табл. 1, за номінальних значень $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \Pi_4, \Pi_5$ параметри Π_6, Π_7, Π_8 можна не контролювати, оскільки вони завчасно будуть ув допустимих межах.

Перелік всіх ВП радіостанції (Π_i) і необхідні засоби вимірювальної техніки військового призначення (далі – ЗВТВП) відповідають [7], комутація під час вимірювання параметрів (рис. 4), значення p , допустимі значення та трудовитрати наведено в табл. 2.

Загальні витрати часу одного фахівця на виконання вимірювань всіх параметрів становлять 10,05 год (без урахування помилок вимірювань) [7].

Схему вимірювання параметрів короткохвильової радіостанції Р-1150 подано на рис. 4.

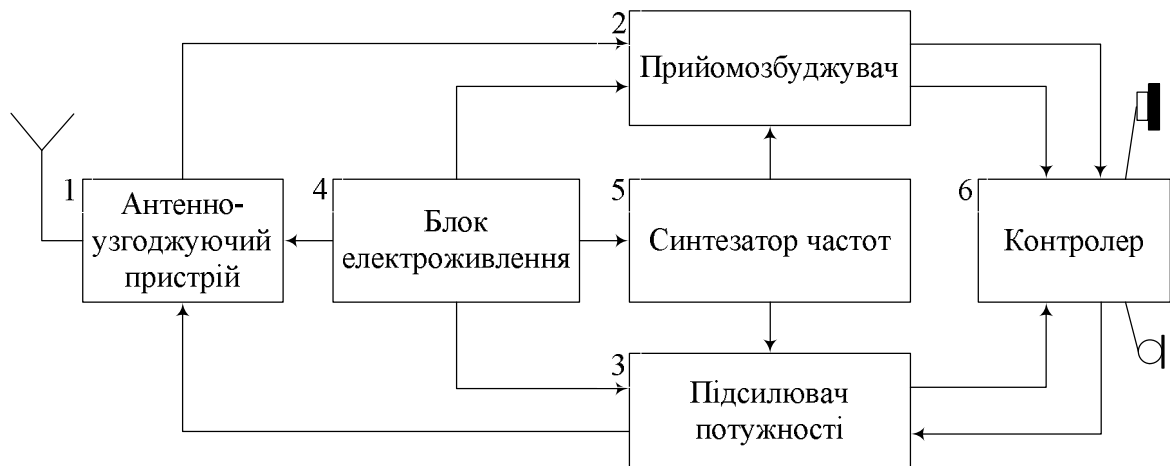


Рис. 2. Збільшена функціональна схема радіостанції Р-1150

Figure 2. The integrated functional scheme of the radio station R-1150

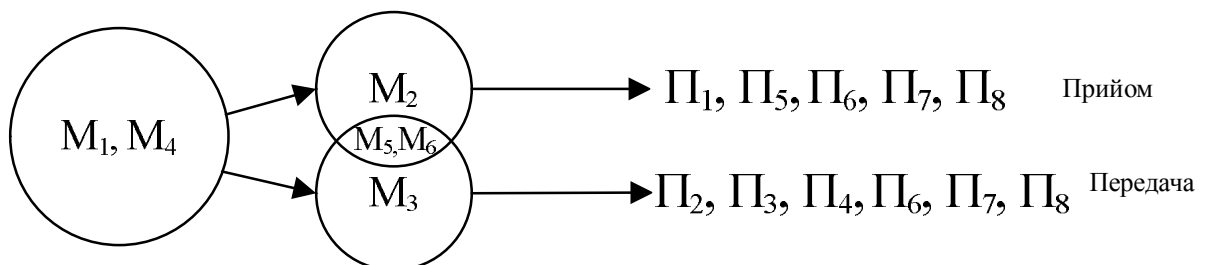


Рис. 3. Теоретико-множинна модель радіостанції Р-1150

Figure 3. The plural theoretical model of the radio station R-1150

Таблиця 2

Перелік вимірюваних параметрів короткохвильової радіостанції Р-1150

Table 2

List of measured parameters of the short-wave radio station R-1150

i	Параметр	K1	K2	K3	K4	ЗВТВП	p_i	Межі вимірювання	Трудо- витрати, люд/год (t_i)
1	Чутливість	1	2	2	1	С6-11	0,9993	Не гірше ніж 1 мкВ	2,33
						Г4-151	0,834		
2	Потужність	0	4	0	2	М3-45	0,95	від 100 Вт до 214 Вт	3,00
3	Діапазон ручного регулювання підсилення	2	2	2	1	В3-56	0,85	Не менше за 40 дБ	0,25
						Г4-151	0,834		
4	Діапазон автоматичного регулювання підсилення	2	1	1	1	В3-56	0,85	Не менше за 100 дБ	0,16
						Г4-151	0,834		
5	Частота опорного генератора	0	3	0	2	ЧЗ-63, годинник	0,9985	Не більше ніж $0,3 \cdot 10^{-6}$	0,25
6	Нерівномірність АЧХ приймального тракту	2	2	2	1	Г4-151	0,834	Не більше ніж 3 дБ	1,15
						В3-56	0,85		
7	Нелінійні спотворення приймального тракту	1	2	2	1	Г4-151	0,834	Не більше ніж 5 дБ	1,15
						С6-11	0,9993		
8	Електроживлення	0	4	0	2	Ц4353	0,845	27 В (від 21,6 В до 30,5 В) не менше ніж 30 А	0,08

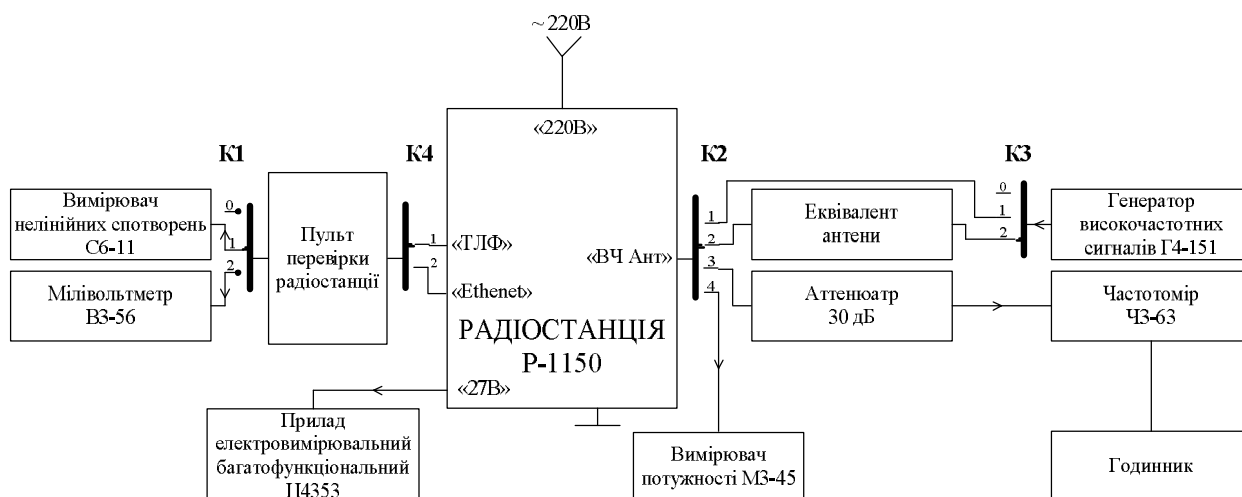


Рис. 4. Схема вимірювання параметрів короткохвильової радіостанції Р-1150

Figure 4. The scheme of measuring parameters of the short-wave radio station R-1150

Четвертий етап. Визначення мінімально необхідних значень метрологічних характеристик аналогових ЗВТВП, які використовують у метрологічному обслуговуванні ВГЗ. На основі функціональної схеми короткохвильової радіостанції Р-1150 розробляється алгоритм діагностування до

ТЕЗ, після чого пошук несправностей до ТЕЗ здійснюється за умовними алгоритмами (далі УА) діагностування, наведеними на рис. 5.

У такому випадку максимальна кількість перевірок під час діагностування несправного блока – не більше від чотирьох.

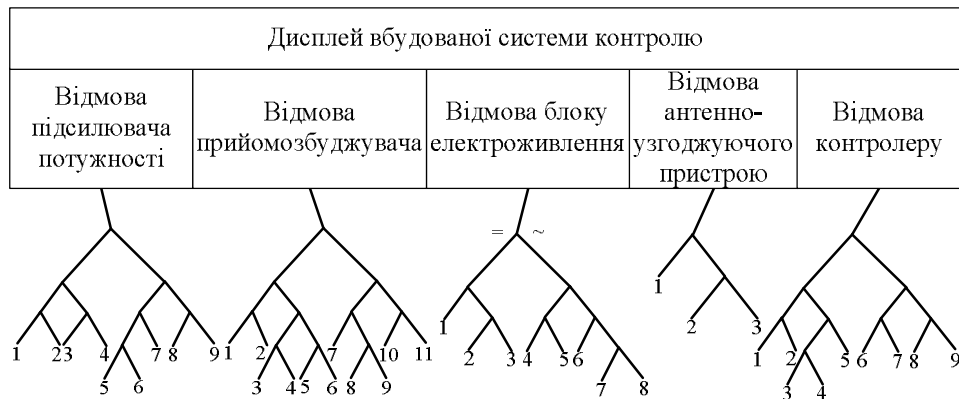


Рис. 5. Умовний алгоритм пошуку несправностей до типового елемента заміни короткохвильової радіостанції P-1150

Figure 5. Conditional algorithm for troubleshooting for a typical element for replacing the short-term radio station R-1150

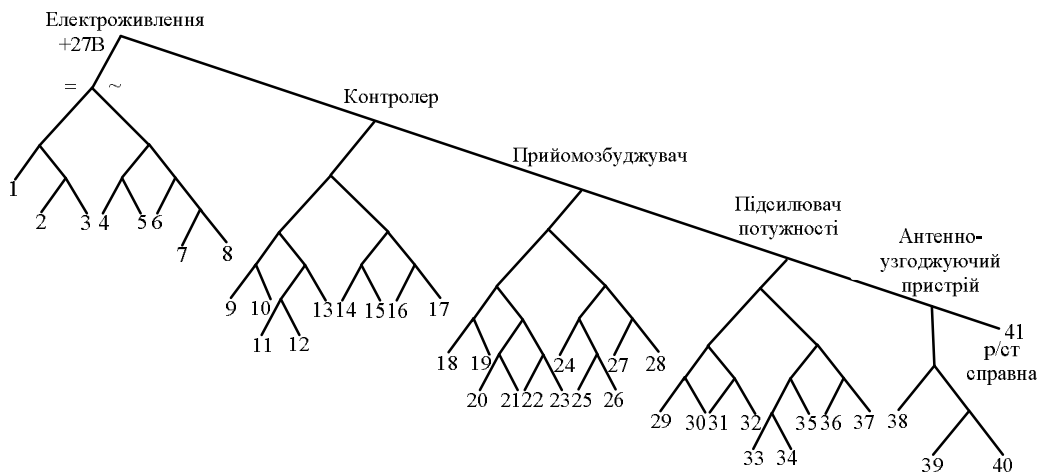


Рис. 6. Умовний алгоритм визначення технічного стану короткохвильової радіостанції P-1150 у разі відмови вбудованої системи контролю

Figure 6. Conditional algorithm for determining the technical state of a short-wave radio station P-1150 with the refusal of the built-in control system

Спочатку розглянемо варіант зі справною системою вбудованого контролю. Для цього виберемо найбільший блок – прийомозбуджувач УА, діагностування якого передбачає такі показники якості: $F=3$; $L=11$; $K_{\min}=3$; $K=3,54$; $K_{\max}=4$. З його використанням після виконання i перевірок можна знайти дефекти: $l_3=5$; $l_4=6$. Необхідний час оцінки його стану $T_{\epsilon_{\text{дон}}}=30 \text{ хв}$. У цьому випадку за блок-схемою алгоритму для УА довільної форми за $m=1$ за виразом маємо:

$$r(m=2) = \frac{1-p}{2p} \sum_{i=3}^4 \frac{l_i (2^i + i - 1) p^i}{2^i} =$$

$$= 0,5(1-p)(6,25p^2 + 7,12p^3) p. \quad (2)$$

Для аналогових ЗВТВП $p=0,845$, тоді $r=0,57$. Якщо виконати розрахунки для забезпечення умови, що максимально допустиме значення $r=0,5$, то $p=0,8851$ і в цьому випадку використання електровимірювального багатofункційного тестера Ц4353 можливе, але недоцільне під час ремонту агрегатним методом.

Перевірка умови $T_{\epsilon} \leq T_{\epsilon_{\text{дон}}}$ для $t=3 \text{ хв}$ і $t_y=5 \text{ хв}$ показує:

$$T_{\epsilon} = \frac{Kt + t_y}{P} = \frac{Kt + t_y}{p^K} = \frac{3,54 \cdot 3 + 5}{0,845^{3,54}} =$$

$$= 28,4 \text{ хв} < T_{\epsilon_{\text{дон}}} = 30 \text{ хв}. \quad (3)$$

Тепер розглянемо найскладніший випадок коли система вбудованого автоматичного контролю не працює. В такому разі пошук несправного ТЕЗ виконують за умовним алгоритмом з рис. 6.

Цей алгоритм передбачає такі показники якості: $F=3$; $L=41$; $K_{\min}=3$; $K=5,9 \approx 6$; $K_{\max}=8$. У такому разі після виконання i перевірок можна знайти таку кількість дефектів: $l_3=1$; $l_4=5$; $l_5=10$; $l_6=8$; $l_7=15$; $l_8=2$.

Об'єкт складається із $L=41$ елемента, необхідний час відновлення його працездатного стану $T_{\epsilon_{don}}=30xв$, для цього використано бінарний ($m=2$) УА. У цьому випадку за блок-схемою алгоритму для УА довільної форми за $m=1$ маємо:

$$r(m=2) = \frac{1-p}{2p} \sum_{i=3}^8 \frac{l_i(2^i+i-1)p^i}{2^i} =$$

$$= 0,5(1-p)(1,25p^2 + 5,9p^3 + 11,25p^4 + 8,6p^5 + 15,7p^6 + 2,05p^7)p. \quad (4)$$

Для цифрових ЗВТВП $p=0,9993$, тоді $r=0,015$, для аналогових $p=0,845$, а $\rho=1,32$. Якщо провести розрахунки для виконання умови $r=0,5$ то максимально допустиме значення $p=0,9739$. Тому в цьому випадку використовувати аналоговий мілівольтметр В3-56 неможливо, оскільки

велика ймовірність встановлення помилкового технічного стану.

Перевірка умови $T_{\epsilon} \leq T_{\epsilon_{don}}$ для $t=3xв$ і $t_y=5xв$ показує:

$$T_{\epsilon} = \frac{Kt+t_y}{P} = \frac{Kt+t_y}{p^K} = \frac{6 \cdot 3 + 5}{0,9993^6} =$$

$$= 23,1xв < T_{\epsilon_{don}} = 30xв. \quad (5)$$

П'ятий етап. Формування вимог до метрологічних характеристик цифрових ЗВТВП для метрологічного обслуговування наявних і перспективних зразків ВТЗ. На попередньому етапі визначено, що для цифрових ЗВТВП $p=0,9993$. Далі за формулами розраховуємо верхню r_1 та нижню r_2 межі існування розв'язку:

$$r_1 = \sqrt{59991 - 60000p} = \sqrt{59991 - 59961} = \sqrt{30} = 5,47;$$

$$r_2 = \sqrt{39989 - 40000p} = \sqrt{39989 - 39974} = \sqrt{15} = 3,87.$$

Відтак за [1, 5] визначаємо, яку мінімально допустиму кількість розрядів повинен мати ЗВТВП для забезпечення необхідної точності визначення технічного стану (далі – ТС) ВТЗ. Отримаємо: $r=4$.

Шостий етап. Щоб визначити номенклатуру (тип) ЗВТВП для метрологічного обслуговування ВТЗ, наведемо технічні характеристики аналогового мілівольтметра В3-56 та багатофункціонального приладу Ц4353 (табл. 3) [7].

Таблиця 3

Технічні характеристики засобів вимірвальної техніки військового призначення

Table 3

Technical characteristics of military equipment measuring equipment

ЗВТВП	В3-56	Ц4353	В7-22А
Характеристики			
Діапазон вимірювання напруги постійного струму		0,075–600 В	100 мкВ – 1000 В
Опір напруги постійного струму		20 кОм	не менше за 100 МОм
Межі вимірювання напруги постійного струму		1,5 В; 3 В; 6 В; 15 В; 30 В; 60 В; 150 В; 300 В; 600 В	0,2 В; 2 В; 20 В; 200 В; 1000 В
Діапазон вимірювання напруги змінного струму	0,1 мВ – 300 В	0,075–600 В	100 мкВ – 300 В
Опір напруги постійного струму	1 МОм	4 кОм	не менше за 10 МОм
Межі вимірювання напруги змінного струму	1 мВ; 3 мВ; 10 мВ; 30 мВ; 100 мВ; 300 мВ; 1 В; 3 В; 10 В; 30 В; 100 В; 300 В	15 В; 30 В; 60 В; 150 В; 300 В; 600 В	0,2 В; 2 В; 20 В; 200 В; 300 В
Діапазон частот	20 Гц – 1 МГц	45 Гц – 10 кГц	45 Гц – 100 кГц
Вартість ЗВТВП	4800 грн.	1381 грн.	2000 грн.

Таблиця 4

Технічні характеристики вимірювачів нелінійних спотворень

Table 4

Technical characteristics of nonlinear distortion meters

Характеристики \ ЗВТВП	С6-11	С6-12	С6-13	С6-14	С6-15
Діапазон частот під час вимірювання коефіцієнта нелінійних спотворень	20 Гц – 199,9 кГц	10 Гц – 200 кГц	10 Гц – 120 кГц	10 Гц – 199 кГц	10 Гц – 120 кГц
Діапазон нелінійних спотворень, що вимірюються	0,03–100 %	0,03–100 %	0,003–100 %	0,02–100 %	0,003–100 %
Діапазон напруги під час вимірювання нелінійних спотворень	0,1–100 В	0,1–100 В	0,1–100 В	0,1–100 В	0,1–100 В
Потужність споживання	95 Вт	110 Вт	90 Вт	60 Вт	15 Вт
Вартість ЗВТВП	16 400 грн.	91 200 грн.	11 480 грн.	11 412 грн.	33 333 грн.

Відповідно до четвертого етапу в цьому випадку використання аналогових ЗВТВП недоцільне, оскільки можливе помилкове встановлення ТС. Відповідно до п'ятого етапу для забезпечення необхідної точності визначення ТС ВТЗ потрібний цифровий ЗВТВП, який повинен мати не менше ніж чотири розряди. Тому пропонуємо замінити два аналогові ЗВТВП на один цифровий універсальний вольтметр В7-22А, який забезпечить потрібну якість вимірювання параметрів (табл. 3).

Також можлива заміна інших ЗВТВП зі збереженням точності вимірювання. У табл. 4 наведено технічні характеристики вимірювачів нелінійних спотворень від С6-11 до С6-15.

Сьомий етап. Ефект застосування комплексної методики проведення метрологічної експертизи ВТЗ покажемо окремо на часткових методиках.

1. Оцінка ефекту від визначення мінімально необхідної кількості ВП під час проведення метрологічного обслуговування ВТЗ здійснюється відповідно до алгоритму, блок-схема якого наведена в [2].

Допустимий час проведення вимірювань ($T_{дон}$) в ідеальних умовах відповідно до посібника з експлуатації короткохвильової радіостанції Р-1150 [7] становить: $T_{дон} = 503$ хв.

Відповідно час вимірювання вибраних п'яти параметрів дорівнює $T = 347$ хв, й ефект від застосування методики становить $h = 31,0$ %, отже, зменшуються час і відповідні трудовитрати на оцінку ТС короткохвильової радіостанції Р-1150 на 31,0 %.

Урахування похибок вимірювання (людський фактор, стрибки напруги тощо) підвищує достовірність оцінки ТС ВТЗ, за рахунок чого пропорційно

збільшується тривалість проведення вимірювань і становить $T_{дон} = 524,3$ хв.

За умови вимірювання п'яти параметрів час виконання вимірювань дорівнює $T = 396,4$ хв й ефект від застосування методики становить, $h = 24,4$ %, тобто зменшуються час і трудовитрати на оцінку ТС короткохвильової радіостанції Р-1150 на 24,4 %.

Оцінка ефекту від застосування запропонованої методики показала, що зі зменшенням кількості параметрів, які необхідно вимірювати під час метрологічного обслуговування ВТЗ, зменшуються час і трудовитрати на оцінку їх ТС зразка ВТЗ загалом.

2. Оцінку ефекту від обґрунтування метрологічних характеристик аналогових та формування вимог до цифрових ЗВТВП для метрологічного обслуговування ВТЗ покажемо разом. Вона полягає у зниженні витрат на ЗВТВП, які застосовуються під час метрологічного обслуговування ВТЗ за умови задоволення вимог до часу оцінки ТС ($T_{в} \leq T_{в_{дон}}$) і реалізованості ремонту агрегатним методом ($r \leq 0,5$). У разі використання цифрового універсального вольтметра В7-22А, який забезпечить потрібну якість вимірювання, витрати знижуються на 4181 гривню (табл. 3). Та в разі заміни вимірювача нелінійних спотворень С6-11 на С6-14 витрати знижуються ще на 4988 гривень (табл. 4), тобто загальні витрати на ЗВТВП зменшуються на 9169 гривень без погіршення якості метрологічного обслуговування ВТЗ.

Отже, експериментальне дослідження ефективності комплексної методики проведення метрологічної експертизи ВТЗ повинно:

– підтвердити можливість мінімізації кількості ВП та встановити раціональну послідовність їх вимірювання, що зменшило тривалість встановлення ТС ВТЗ на основі використання розробленої методики;

– підтвердити можливість обґрунтування мінімального значення ймовірності правильної оцінки вимірюваного параметра (p) та вибору мінімально допустимої кількості розрядів, якими повинен володіти цифровий ЗВТВП для забезпечення необхідної точності визначення ТС ВТЗ, що дало змогу вибрати дешевші аналогові та цифрові ЗВТВП на основі використання розроблених часткових методик.

Висновки

Запропоновано комплексну методику здійснення метрологічної експертизи ВТЗ та підтвердження її працездатності на прикладі короткохвильової радіостанції Р-1150, що дало змогу зменшити час і затрати праці на оцінку технічного стану радіостанції на 31,0 %, а у разі врахування похибок вимірювання на 24,4%.

Література

- [1] Л. Сакович, П. Аркушенко, А. Ходич, «Формирование требований к средствам измерений диагностических параметров аппаратной связи при техническом обслуживании и текущем ремонте», *Зб. наук. праць Харк. нац. ун. Повітряних сил. Харків, Україна: ХНУПС, вип. 1(50), с. 108–111, 2017.*
- [2] М. Яковлев, Л. Сакович, С. Рижов, П. Аркушенко, «Удосконалення метрологічної експертизи військової техніки зв'язку», *Наука і техніка Повітряних сил Збройних сил України., вип. 3(28), с. 92–99, 2017.*
- [3] М. Яковлев, С. Рижов, Л. Сакович, П. Аркушенко, «Удосконалення методу задання вимог до мінімально припустимого значення ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки під час діагностування», *Наука і техніка Повітряних сил Збройних сил України., вип. 4(29), с. 136–142, 2017.*
- [4] Ye. Ryzhov, L. Sakovych, P. Vankevych, M. Yakovlev, Yu. Nastishin, «Optimization of requirements for measuring instruments at metrological service of communication tools», *Measurement, vol. 123, p. 19–25, July 2018.*

[5] М. Яковлев, С. Рижов, «Підхід до вибору засобів вимірвальної техніки військового призначення для метрологічного обслуговування військової техніки зв'язку», *Військово-технічних збірник Академії СВ, вип. 1(10), с. 119–127, 2014.*

[6] V. Kononov, Ye. Ryzhov, L. Sakovych, «Dependence of parameters of repair of military communication means on the quality of metrological support», *Advanced Information Systems, vol. 2, no. 1, p. 91–95, 2018.*

[7] *Короткохвильова радіостанція Р-1150. Посібник по експлуатації ААНЗ.464414.001 РЭ – О: Телекард-Прилад, 2013.*

References

[1] Arkushchenko PL Formation of Requirements for Means of Measurement of Diagnostic Parameters of Hardware for Maintenance and Current Repair / L. N. Sakovich, P. L. Arkushchenko, AV Khodich // *Collection of scientific works of the Kharkiv National University of Air Forces. – Kharkiv: KNUPS, 2017. – No. 1 (50). – P. 108–111.*

[2] Yakovlev M.Yu. Improvement of metrological examination of military communication technology / M. Yu. Yakovlev, L. M. Sakovich, E. V. Ryzhov, P. L. Arkushchenko // *Science and technology of Air Forces of the Armed Forces of Ukraine. – Kharkiv: KNUPS, 2017 – No. 3 (28). – P. 92–99.*

[3] Yakovlev M.Yu. Improvement of the method of task requirements to the minimum acceptable probability of correct estimation of the results of the verification during diagnosis / M. Yu. Yakovlev, E. V. Ryzhov, L. M. Sakovich, P. L. Arkushchenko // *Science and Technology of the Air Forces of the Armed Forces Of Ukraine. – Kharkiv: KNUPS, 2017 – No. 4 (29). – P. 136–142.*

[4] Ye. Ryzhov, L. Sakovych, P. Vankevych, M. Yakovlev, Yu. Nastishin, «Optimization of requirements for measuring instruments at metrological service of communication tools», *Measurement, vol.123, pp.19–25, July 2018.*

[5] Yakovlev M.Yu., Ryzhov Ye.V. (2014), Approach to the selection of military measuring equipment for metrological maintenance of military communication equipment. *Military technical collection Army Academy. No. 1(10), pp. 119–127.*

[6] V. Kononov, Ye. Ryzhov, L. Sakovych, «Dependence of parameters of repair of military communication means on the quality of metrological support», *Advanced Information Systems. vol. 2, no.1, p. 91–95, 2018.*

[7] *Short-wave radio station P-1150 Operating manual ААНЗ.464414.001 РЕ-О: Telecard-device, 2013.*