

ПРИСТРІЙ ФОРМУВАННЯ ПЕРЕВІРЯЮЧОГО ТЕСТУ ЦИФРОВОГО ТЕЗ РЛС 19Ж6

Загальна необхідність розробки додаткового діагностичного обладнання полягає в тому, що на сьогоднішній день використовується доволі велика кількість складних технічних об'єктів, які морально але не фізично застарілі, і тому відмовитися від їх використання, на сьогодні, немає можливості. Саме до таких об'єктів належить радіолокаційна станція (РЛС) 19Ж6. Рівень діагностичного забезпечення даної радіолокаційної станції (РЛС) не відповідає вимогам, які висуваються до сучасних зразків радіоелектронних засобів озброєння (РЕЗО). На заміну 19Ж6 надійшла інша радіолокаційна станція, діагностичне забезпечення якої значно покращене. Для діагностування та проведення ремонтних робіт на сучасних РЕЗО вітчизняного виробництва застосовується автоматизований діагностичний комплекс серії «Діана». Даний комплекс призначений для діагностики та відновлення складних цифрових і цифро-аналогових типових елементів заміни. Пристосовувати сучасний діагностичний комплекс, для діагностування застарілих зразків техніки можна, але в обмежених рамках фінансування, це економічно недоцільно.

Відповідно, існує задача щодо розробки сучасних засобів діагностування типових елементів заміни РЛС 19Ж6, якими можна доукомплектувати станції. В рамках загальної задачі, можна виділити ряд часткових задач. Однією з таких задач є розробка загальної методики та структурної схеми пристрою щодо визначення перевіряльного тесту для цифрових типових елементів заміни (ТЕЗ) зі складу РЛС 19Ж6. Таким чином, стаття присвячена розробці структурної схеми пристрою формування діагностичного тесту, як складової частини пристрою контролю технічного стану цифрових ТЕЗ. Структура пристрою повністю визначається методикою будови перевіряльного тесту. Результатом діагностичного тесту є прийняття рішення щодо працездатності або непрацездатності ТЕЗ. Необхідність проведення такого діагностування впливає з того, що вбудована система технічного діагностування виявляє не один непрацездатний ТЕЗ, а виявляє групу підозрюваних у непрацездатності ТЕЗ. Для відокремлення непрацездатного цифрового пристрою необхідно застосовувати додаткове обладнання.

В роботі пропонується використовуватися енергостатичний метод діагностування, сутність якого полягає в тому, що в якості діагностичного параметра використовується значення напруги на додатковому опорі, яка вимірюється у сталому режимі роботи. В якості метода будови перевіряльного тесту використовується метод експериментальної оцінки довжини тестової послідовності, а сама послідовність являє собою псевдовипадкову послідовність вхідних впливів.

Ключові слова: діагностичний тест, РЛС 19Ж6, енергостатичний метод діагностування. Частинний перевіряльний тест.

Вступ. Безпека держави, в тому числі і військова, залежить від надійної та безперервної роботи великої кількості різноманітних складних технічних об'єктів. З усього різноманіття таких об'єктів, в окрему групу можна звести складні технічні об'єкти радіоелектронної техніки, які, з погляду надійності, є відновлювальними об'єктами. Велика кількість таких об'єктів, використовуються у військовій сфері, та забезпечують необхідний рівень боєздатності Збройних Сил України. На сьогоднішній день, існує та використовується доволі велика кількість таких об'єктів, які морально застарілі, а обмежений фінансовий ресурс на розвиток, проектування та виробництво нових радіоелектронних засобів озброєння (РЕЗО), не забезпечує належні темпи їх модернізації та закупівлі.

За таких умов, відновленню їх працездатного стану необхідно надавати пріоритетне значення в комплексі заходів із загальною стабілізацією ситуації. Однак потенційні можливості військових ремонтних органів (ВРО), які повинні займатися відновленням РЕЗО, практично реалізуються не в повному обсязі [1-3].

Для недопущення зниження рівня бойової готовності військових частин, особливо тих, в яких використовуються застарілі зразки техніки, ресурс яких практично вичерпаний, а провести

їх заміну на сучасні зразки неможливо, необхідно покращити показники ремонтпридатності. В першу чергу це стосується зменшення середнього часу відновлення. Одним з шляхів розв'язання даної проблеми є розробка та комплектація застарілих зразків РЕЗО діагностичним забезпеченням, під яким варто розуміти комплекс взаємозалежних правил, методів, алгоритмів і засобів, необхідних для здійснення діагностування об'єкта РЕЗО, а також треба поліпшувати загальну систему технічного обслуговування і ремонту.

До таких застарілих РЕЗО можна віднести РЛС 19Ж6, яка на сьогоднішній час, вже не випускається, але активно експлуатується. Рівень діагностичного забезпечення даної РЛС не відповідає вимогам, які висуваються до сучасних зразків РЕЗО. На заміну 19Ж6 була спроектована і на сьогоднішній час випускається інша радіолокаційна станція, діагностичне забезпечення якої значно покращене. Для діагностування та проведення ремонтних робіт на сучасних РЕЗО вітчизняного виробництва застосовується автоматизований діагностичний комплекс серії «Діана». Даний комплекс призначений для діагностики та відновлення складних цифрових і цифро-аналогових типових елементів заміни [4-6]. Пристосовувати сучасний діагностичний комплекс, для діагностування застарілих зразків техніки можна, але в обмежених рамках фінансування, це економічно недоцільно.

Постановка проблеми. Таким чином, існує задача щодо розробки сучасних і доцільних, з економічної точки зору, засобів діагностування типових елементів заміни РЛС 19Ж6, якими можна доукомплектувати станції. В рамках загальної задачі, можна виділити ряд часткових задач. Однією з таких задач є розробка загальної методики та структурної схеми пристрою щодо визначення перевіряльного тесту для цифрових ТЕЗ зі складу РЛС 19Ж6. Розроблені перевіряльні тести будуть використовуватись в комплексі з діагностичним обладнанням, з метою визначення непрацездатного ТЕЗ із сукупності ТЕЗ які підозрюються в непрацездатності.

Метою статті є створення передумов для розробки бази перевіряльних тестів для всіх типів ТЕЗ РЛС 19Ж6. База даних тестів є необхідним компонентом загального пристрою діагностування, використання якого покращить показники ремонтпридатності РЛС.

Виклад основного матеріалу дослідження. В основі будови будь якого тесту, як діагностичного так і перевіряльного, лежить метод діагностування. В роботі пропонується застосувати енергостатичний метод діагностування, сутність якого полягає в тому, що в якості діагностичного параметра використовується значення напруги на додатковому опорі, яка вимірюється у сталому режимі роботи. Додатковий опір, на принциповій схемі, необхідно розташувати в корпусній шині цифрового ТЕЗ. З даного додаткового опора знімається діагностична інформація, яка далі надходить на пристрій аналізу, в якості якого можна застосувати сигнатурний аналізатор. Таким чином, тобто опір являє собою контрольну точку. При використанні даного методу, виконується умова транспортування будь якого дефекту з виходу інтегральної схеми у визначену контрольну точку [7-8].

Методика будови перевіряючого тесту базується на методі контролю перемикачів та методі активації шляхів. Розглядається клас одиночних константних несправностей, у вигляді постійного закріплення лінії (входу або виходу ІС) в стан логічного «0» або логічної «1».

Цифрові ТЕЗ РЛС 19Ж6 можна віднести до класу детермінованих автоматів, які складаються з інтегральних мікросхем, які також відносяться до класу детермінованих автоматів. В даному випадку їх вихідні реакції можуть бути описані булевими функціями або функціями переходів і виходів. Позначимо вихідні сигнали ІС, через $Y(t)$. Дані сигнали визначаються значеннями вхідних сигналів $X(t)$, тобто: $Y(t)=F[X(t)]$, де F – функція виходу комбінаційного пристрою. Якщо в ТЕЗ є елементи з пам'яттю, вихідні сигнали $Y(t)$ залежать не тільки від вхідних сигналів $X(t)$, що надійшли в даний момент часу, але і від внутрішнього стану $S(t)$, в якому знаходився пристрій, тобто: $Y(t) = F[S(t), X(t)]$.

Якщо подати на вхід цифрового ТЕЗ випадкову або псевдовипадкову послідовність імпульсів, а сигнали такої послідовності $X(t)$ є незалежними випадковими подіями, то модель ТЕЗ стає імовірнісним автоматом [9-13].

Випадковий характер вхідних сигналів дозволяє припустити, що з імовірністю $P_{чпт}(t)$, на входи усіх інтегральних схем, зі складу ТЕЗ, прийдуть такі послідовності сигналів, які

забезпечать прояв будь-якого його дефекту. Такі набори вхідних даних являють собою частковий перевіряльний тест для даної ІС.

При надходженні на ТЕЗ випадкової тестової послідовності, всі ІС починають працювати відповідно до своїх функцій, і на виходах схем також виникає випадкова вихідна реакція, у вигляді зміни вихідних логічних рівнів. При цьому, в шині живлення також виникає послідовність сигналів (відгуків), яка корелює з вихідними послідовностями виходів ІС.

Якщо вхідна послідовність, яка надходить на ІС містить ЧПТ, то сумарний відгук ІС в контрольній точці, може бути представлений у вигляді послідовності відгуків схеми на ЧПТ і на надлишкові набори. Надлишкові набори обов'язково будуть в остаточній тестовій послідовності, через те, що тест формується з псевдовипадкової послідовності, а не на основі прорахованих детермінованих тестових впливів. Цей сумарний відгук є еталонним для даної ІС і позначається $U_{\text{контр.і.ет.}}$.

В тестовій послідовності, яка подається на ТЕЗ, передбачається присутність частинних перевіряльних тестів для всіх його інтегральних схем. Це означає, що вхідна тестова послідовність повинна бути детермінованою або псевдовипадковою. Розробити детерміновану тестову послідовність для кожного ТЕЗ, це складна та дорогавартісна задача. Значно простіше, в якості тестової, застосувати псевдовипадкову послідовність. Завдяки вибору досить великого періоду повторення псевдовипадкової послідовності її можна вважати випадковою в межах часу діагностування t_d . При наявності дефекту в ІС, вона припиняє перемикатися (константна несправність, на її виході постійно закріплюється рівень логічного „0” або логічної „1”) або змінюється її перемикальна функція. Через відсутність спрацьовувань інтегральної мікросхеми, значення параметрів імпульсів в її шині живлення зміняться і не будуть співпадати з еталонною: $U_{\text{контр.і}} \neq U_{\text{контр.і.ет.}}$, де $U_{\text{контр.і}}$ - відгук i -ї ІС на перевіряльний тест, $U_{\text{контр.і.ет.}}$ - відгук працездатної i -ї ІС на перевіряльний тест.

За рахунок виконання умови транспортування, умова прояву дефекту на виходах ІС автоматично трансформується в умову прояву дефекту в контрольній точці. Завдяки цьому, будь-який дефект, який виникає в ІС, проявиться в зміні параметрів відгуку самого ТЕЗ, тобто $Y_{\text{контр.ет.}} \neq Y_{\text{контр.}}$, де $Y_{\text{контр.}}$ - відгук ТЕЗ на перевіряльний тест, $Y_{\text{контр.ет.}}$ - відгук працездатного ТЕЗ на перевіряльний тест.

Таким чином, сутність методики будови перевіряючого тесту полягає в тому, що на всі входи ТЕЗ надходять псевдовипадкові послідовності, входи всіх ІС контролюються і проводиться аналіз вхідної послідовності на наявність в ній частинного перевіряючого теста. Контроль здійснюється за допомогою додаткових апаратних, або програмно-апаратних пристроїв, наприклад комірок реєстрації. При надходженні ЧПТ на всі ІС, генерація псевдовипадкової послідовності припиняється і визначається час діагностування t_d , або кількість тестових імпульсів. Тобто перевіряльний тест цифрового ТЕЗ, це об'єднання ЧПТ всіх інтегральних схем. Так як тестова послідовність є псевдовипадковою, тобто відтвореною, то час діагностування, або кількість імпульсів тестової послідовності, є параметром перевіряльного тесту, які повністю визначають її якісний склад.

Для прийняття рішення щодо працездатності або непрацездатності ТЕЗ, необхідно порівняти відгук ТЕЗ в контрольній точці на тестову послідовність $Y_{\text{контр.}}$ з еталонною $Y_{\text{контр.ет.}}$. Так як відгук на тест, являє собою послідовність кодованих імпульсів і дана послідовність має велику довжину, то напряду порівнювати реальний та еталонний відгуки практично неможливо. Для розв'язання цієї задачі пропонується використовувати метод сигнатурного аналізу.

Сигнатурні аналізатори (СА) обробляють «довгі» потоки двійкової інформації, та «стискають» їх із високою достовірністю. Зазвичай сигнатура складається з чотирьох шістнадцяткових чисел. Зміст сигнатур має формальний характер, і наявність деякої сигнатури в певній точці схеми свідчить про конкретний розподіл бітів інформації в потоці даних, що реєструється протягом заданого інтервалу часу. Тобто сигнатурний аналіз ґрунтується на

перетворенні довгих послідовностей двійкових сигналів в шістнадцяткове число, яке носить назву сигнатури.

В загальному випадку, для методу сигнатурного аналізу, процентна імовірність виявлення помилки в двійковій послідовності довжини l , при використанні m розрядного регістру зсуву визначається за формулою [1, 3, 13]

$$P(\%) = 100 - \frac{100[H(l-m)]2^{l-m}-1}{2^l-1},$$

$$\text{де } H - \text{ крокова функція, } H(l-m) = \begin{cases} 0 & \text{при } l-m \geq 0; \\ 1 & \text{при } l-m < 0. \end{cases}$$

При розрядності регістра $m = 16$ похибка завжди менше 2^{-16} незалежно від l – довжини вхідної послідовності. Це дозволяє з достовірністю $P_{\text{дса}} = 0,999984$ сказати, що помилка, якщо вона присутня, може бути виявлена.

Таким чином, внаслідок того, що кожен можливий дефект проявляється на виходах ІС та транспортується в контрольну точку, то імовірність правильного діагностування співпадає з імовірністю виявлення помилки сигнатурним аналізатором $P_{\text{діагн}} = P_{\text{дса}}$.

В якості генератора тестової послідовності імпульсів, пропонується використати генератор псевдовипадкових чисел, який апаратно може бути побудований з використанням регістрів зсуву та суматора по модулю «2». Так само, він може бути побудований за допомогою програмно-апаратних засобів, наприклад мікроконтролерів. Довжина псевдовипадкової послідовності визначається розрядністю регістру зсуву та математичним виразом утворюючого полінома.

В табл. 1 наведені деякі утворюючі поліноми, які визначають максимальну T – довжину псевдовипадкової послідовності залежно від m – розрядності регістру зсуву.

Таблиця 1.

Вид утворюючого полінома, для формування псевдовипадкової послідовності максимальної довжини

m	Утворюючий поліном $Q(x)$	T	m	Утворюючий поліном $Q(x)$	T
16	$x^{16} + x^5 + x^3 + x^2 + 1$	$2^{16} - 1$	36	$x^{36} + x^{11} + 1$	$2^{36} - 1$
17	$x^{17} + x^3 + 1$	$2^{17} - 1$	37	$x^{37} + x^{12} + x^{10} + x^2 + 1$	$2^{37} - 1$
18	$x^{18} + x^7 + 1$	$2^{18} - 1$	38	$x^{38} + x^6 + x^5 + x + 1$	$2^{38} - 1$
19	$x^{19} + x^6 + x^5 + x + 1$	$2^{19} - 1$	39	$x^{39} + x^4 + 1$	$2^{39} - 1$
20	$x^{20} + x^3 + 1$	$2^{20} - 1$	40	$x^{40} + x^{21} + x^{19} + x^2 + 1$	$2^{40} - 1$

Так як перевіряльний тест складається із сукупності ЧПТ всіх ІС, то необхідно розробити всі часткові перевіряючі тести. Для створення таких тестів, можна скористатися методом активізації шляхів. Як приклад, наведена будова часткового перевіряючого теста для r -вхідного елемента І-НІ. Елемент І-НІ є базовим логічним елементом, який часто зустрічаються в ІС ТЕЗ РЛС 19Ж6, а саме: 133ЛА1, 133ЛА2, 133ЛА3, 133ЛА4. Логіка роботи елемента І-НІ залежить тільки від вхідних сигналів.

Будова ЧПТ для елемента І-НІ зводиться до послідовної подачі даних на його входи. У загальному випадку щоб перевірити r -вхідний елемент І-НІ треба подати на його входи 2^r всіх можливих комбінацій. Проте даний ЧПТ буде нераціональним через свою довжину. Його можна скоротити. Таблиця істинності (ТІ) для r -вхідного елемента І-НІ наведена в табл. 2. З таблиці 2, видно, що вихідна змінна приймає значення $z=0$ тільки тоді, коли всі вхідні змінні x_i ($i = \overline{1, r}$) приймають значення одиниці. Таким чином, для перевірки кожного з одновимірних шляхів елемента І-НІ необхідно подати на його входи вектор

$X_j = \{x_1 = 1; x_2 = 1; \dots; x_j = 1; \dots; x_r = 1\}$, який активізує всі його входи а потім вектор $X_{j+1} = \{x_1 = 1; x_2 = 1; \dots; x_j = 0; \dots; x_r = 1\}$, він здійснює перевірку i -го входу.

Вхід i буде активований, якщо змінна x_i сприяє перемиканню елемента, інші вхідні змінні ЛЕ залишаються без змін. Якщо, при зміні значення змінної на i -му вході, перемикання ЛЕ не відбулося, то цей вхід вважається дефектним. Аналогічно можна перевірити решту всіх входів ЛЕ. Частковий перевіряючий тест r -вхідного елемента І-НЕ, наведений в табл. 3. З таблиці видно, що він складається з $2r$ наборів.

Таблиця 2

Таблиця істинності для r -вхідного елемента І-НЕ

Вхідні змінні – x_i						Вихідна змінна – z
x_1	x_2	...	x_i	...	x_r	
0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	0	0	1
1	1	0	0	0	0	1
.
1	1	1	1	1	1	0

Таблиця 3.

Частковий перевіряльний тест r -вхідного елемента І-НІ

Перевіря- ємий вхід	Номер набору	Вид набору	Значення вхідних змінних						Стан виходу
			x_1	x_2	...	x_i	...	x_r	
1	1	Активізуючий	1	1	1	1	1	1	0
	2	Перевіряльний	0	1	1	1	1	1	1
2	3	Активізуючий	1	1	1	1	1	1	0
	4	Перевіряльний	1	0	1	1	1	1	1
.
i	$2i-1$	Активізуючий	1	1	1	1	1	1	0
	$2i$	Перевіряльний	1	1	1	0	1	1	1
.
r	$2r-1$	Активізуючий	1	1	1	1	1	1	0
	$2r$	Перевіряльний	1	1	1	1	1	0	1

Відповідно до методики будови перевіряльного тесту, необхідно визначити момент часу, коли ЧПТ надійдуть на всі інтегральні схеми. Для розв'язання даної задачі пропонується проводити аналіз надходження ЧПТ за допомогою спеціальних комірок реєстрації, які підключаються до входів всіх ІС. Підключення може бути здійснено як паралельно так і послідовно. Кожна комірка проектується під свій унікальний частинний перевіряльний тест, який залежить від логіки роботи ІС.

При надходженні ЧПТ на інтегральну схему, комірка реєстрації формує сигнал: «ЧПТ на ІС № надійшов». Генерація тестової послідовності завершується, при спрацюванні всіх комірок реєстрації. Практична реалізація комірки реєстрації можлива як в апаратному так і в програмному виді.

Підключивши таймер до ГПВЧ, та підрахувавши кількість тактових імпульсів від початку тесту до формування останнього сигналу з комірки реєстрації ЧПТ (сигнал «стоп»), можна визначити кількість імпульсів, що відповідає довжині тестової послідовності для даного виду ТЕЗ і називається $V_{ТЕЗ\text{ ет.}}$ – еталонною довжиною тестовій послідовності. Це відповідає випадку паралельного підключення всіх комірок реєстрації до ІС. При послідовному підключенні комірок реєстрації, довжина тестової послідовності ТЕЗ визначається найдовшою тестовою послідовністю, при реєстрації ЧПТ. Еталонна довжина послідовності $V_{ТЕЗ\text{ ет.}}$, однозначно характеризує саму тестову послідовність $X_{ТЕЗ\text{ ет.}}$. При надходженні $X_{ТЕЗ\text{ ет.}}$ На вхід перевіряемого

ТЕЗ, в контрольній точці формується еталонний відгук $Y_{\text{ТЕЗ ет.}}$, який поступає на сигнатурний аналізатор. На виході СА утворюється еталонна сигнатура $S_{\text{ТЕЗ ет.}}$, $S_{\text{ТЕЗ ет.}}=F(Y_{\text{ТЕЗ ет.}})$.

Таким чином, можна сформулювати методику будови перевіряльного тесту.

1. Визначити всі типи ІС зі складу ТЕЗ
2. Розробити ЧПТ для усіх ІС.
3. Для кожного ЧПТ розробити комірки реєстрації ЧПТ.
4. Під'єднати комірки реєстрації до своїх інтегральних схем.
5. З'єднати контрольну точку ТЕЗ з входом сигнатурного аналізатора.
6. Встановити ТЕЗ у первинний вихідний стан. Для цього подати на всі входи ТЕЗ первинні установчі впливи.
7. Подати на ТЕЗ псевдовипадкову послідовність імпульсів.
8. Після реєстрації ЧПТ для всіх інтегральних схем, генерується сигнал «стоп», який зупиняє генератор псевдовипадкових чисел. Час генерування псевдовипадкової послідовності, або число тактових імпульсів $V_{\text{ТЕЗ ет.}}$, однозначно визначає тест перевірки ТЕЗ даного типу $X_{\text{ТЕЗ ет.}}$.
9. Після приходу останнього тестового впливу, на виході сигнатурного аналізатора формується значення еталонної сигнатури $S_{\text{ТЕЗ ет.}}$.

Структурна схема пристрою експериментальної будови тестової послідовності наведена на рис.1. Схема повністю відповідає розробленій методиці, та базується на енергостатичному методі діагностування.

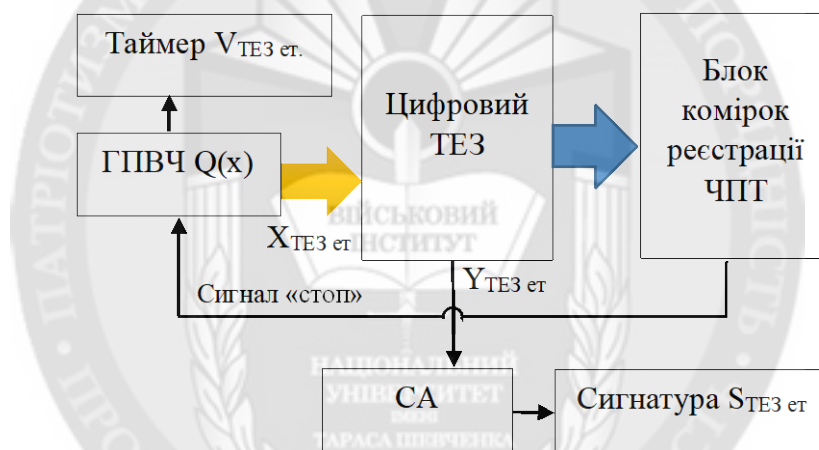


Рисунок 1. Структурна схема пристрою експериментальної будови тестової послідовності

Відповідно до розробленої методики, вихідною інформацією для перевірки цифрового ТЕЗ є: режим роботи генератора псевдовипадкових чисел (вид утворюючого полінома), первинний установчий код, час діагностування (кількість імпульсів тестової послідовності) та еталонна сигнатура $S_{\text{ТЕЗ ет.}}$.

Висновки. В статті обґрунтовано необхідність розробки додаткового діагностичного пристрою, яким пропонується укомплектувати РЛС 19Ж6. Пристрій проводить перевірку технічного стану цифрових типових елементів заміни та поліпшує діагностичне забезпечення станції.

Необхідність проведення такого діагностування випливає з того, що вбудована система технічного діагностування виявляє не один непрацездатний ТЕЗ, а виявляє групу підозрюваних у непрацездатності ТЕЗ. Для відокремлення непрацездатного цифрового пристрою необхідно застосовувати додаткове обладнання.

Також, в роботі розроблена загальна методика будови діагностичного тесту цифрового типового елемента заміни. Методика базується на використанні енергостатичного методу діагностування, сутність якого полягає в тому, що в якості діагностичного параметра використовується значення напруги на додатковому опорі, яка вимірюється у сталому режимі роботи. Сама методика будови перевіряльного тесту використовує метод експериментальної

оцінки довжини тестової псевдовипадкової послідовності. Довжина тестової послідовності визначається часом, коли на всі інтегральні схеми ТЕЗ надійдуть їх частинні перевіряльні тести. Час надходження ЧПТ на інтегральні схеми визначається за допомогою спеціально спроектованих комірок реєстрації частинного перевіряльного тесту.

Впровадження діагностичного пристрою дозволить покращити показники ремонтпридатності радіолокаційної станції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Діагностування аналогових і цифрових пристроїв радіоелектронної техніки. Монографія / В.В. Вишнівський, М.К. Жердєв, С.В. Ленков, В.А. Проценко; під ред. М.К. Жердева, С.В. Ленкова. –К.: ТОВ «Компанія ЛІК», 2009. –224 с.

2. Жердєв М.К., Гахович С.В., Глухов С.І., Селюков О.В., Нікіфоров М.М. Діагностування РЕТ на основі енергодинамічного методу: методика та інформаційне забезпечення / Системи озброєння і військова техніка. 2018. Вип.№2(54). С. 23-30.

3. Балабін В.В., Гахович С.В., Ленков О.С. Оцінки довжини псевдовипадкової тестової послідовності для діагностування цифрових пристроїв систем захисту інформації / Інформаційна безпека. Луганськ: Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля. 2010. Вип. № 1(3) 2010. С. 95-99.

4. <https://www.unian.net/weapons/10481217-na-zavode-vo-lvove-rasshirili-vozmozhnosti-po-remontu-vooruzheniya-samoletov-tipa-mig-29.html>

5. <https://interfax.com.ua/news/general/573490.html>

6. <https://www.lik-ate.com/about.shtml>

7. Азаров О. Д., Перевозніков С. І., Біліченко Н. О., Озеранський В. С. Діагностування цифрових пристроїв. Навчальний посібник. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009. – 74 с.

8. Василишин В.І., Женжера С.В., Чечуй О.В., Глушко А.П. Основи теорії надійності та експлуатації радіоелектронних систем: навч.посібник / Х.:ХНУПС, 2018. – 268 с.

9. Guo Wenxin, Wen Fushuan, Ledwich Gerard, Liao Zhiwei, He Xiangzhen, Liang Junhui. An analytic model for fault diagnosis in power systems considering malfunctions of protective relays and circuit breakers, IEEE Transactions on Power Delivery. 2010, Volume 25, Issue 3, pp. 1393 – 1401.

10. Ren Bo, Zheng Yongkang, Wang Yongfu, Sheng Siqing, Li Jinsong, Zhang Haiyang, Zheng Chao, Dianwang Jishu. Fault Location of Secondary Equipment in Smart Substation Based on Deep Learning. Power System Technology. 2021, Volume 45, Issue 2, pp. 713 – 715.

11. Liu Haolu, Shao Jianwei, Wang Xue, Han Xuesen, Liu Xuan, Liu Shiqi. Dianwang Jishu. State Evaluation and Fault Prediction of Distribution Automation Terminal Equipment Based on Digital Twins. Power System Technology. 2022, Volume 46, Issue 4, pp. 1605 – 1635.

12. Diao Naizhe, Zhang Yingwei, Sun Xianrui, Song Chonghui, Wang Wenwen, Zhang, Haifeng. A Real-Time Open-Circuit Fault Diagnosis Method Based on Hybrid Model Flux Observer for Voltage Source Inverter Fed Sensorless Vector Controlled Drives. IEEE Transactions on Power Electronics 2023, Volume 38, Issue 2, pp. 2539 – 2551.

13. Гахович С.В. Оцінка достовірності контролю при структурному діагностуванні цифрових типових елементів заміни / Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. К.: ВІКНУ. 2010. Вип. №26. С. 16-21.

REFERENCES:

1. Vyshnivskiy V.V., Zherdiev M.K., Lienkov S.V., Protsenko V.A.; pid red. Zherdieva M.K., Lienkova S.V. (2009), “Diahnostuvannia analogovykh i tsyfrovyykh prystroiv radioelektronnoi tekhniki” [Diagnostics of analog and digital devices of radio electronic equipment], K., TOV Kompaniia LIK, 224 p.

2. Zherdev M.K., Gahovich S.V., Gluhov S.I., Seljukov O.V., Nikiforov M.M. (2018), “Diahnostuvannja RET na osnovi energodinamichnogo metodu: metodika ta informacijne zabezpechennja” [Diagnostics of RET based on the energy-dynamic method: methodology and information support], Sistemi ozbroennja i vijs’kova tehnik. №2(54). Pp. 23-30.

3. Balabin V.V., Gahovich S.V., Lenkov O.S. (2010), Ocinki dovzhini psevdovipadkovoï testovoï poslidovnosti dlja diahnostuvannja cifrovih pristroiv sistem zahistu informacii [Estimates of the length of a pseudorandom test sequence for diagnosing digital devices of information security systems], Informacijna bezpeka. Lugans’k: Shidnoukraïns’kij nacional’nij universitet imeni Volodimira Dalja. № 1(3). Pp. 95-99.

4. <https://www.unian.net/weapons/10481217-na-zavode-vo-lvove-rasshirili-vozmozhnosti-po-remontu-vooruzheniya-samoletov-tipa-mig-29.html>

5. <https://interfax.com.ua/news/general/573490.html>

6. <https://www.lik-ate.com/about.shtml>

7. Azarov O. D., Perevoznikov S. I., Bilichenko N. O., Ozerans'kij V. S. (2009), Diagnostuvannja cifrovih pristroiv. Navchal'nij posibnik. [Diagnosing digital devices. Study guide.]. Vinnicja: UNIVERSUM-Vinnicja, 74 p.
8. Vasilishin V.I., Zhenzhera S.V., Chechuj O.V., Glushko A.P. (2018), Osnovi teorii nadijnosti ta ekspluatacii radioelektronnih sistem: navch.posibnik [Fundamentals of the theory of reliability and operation of radio electronic systems: a textbook], H.:HNUPS, 268 p.
9. Guo Wenxin, Wen Fushuan, Ledwich Gerard, Liao Zhiwei, He Xiangzhen, Liang Junhui. (2010), An analytic model for fault diagnosis in power systems considering malfunctions of protective relays and circuit breakers, IEEE Transactions on Power Delivery., Volume 25, Issue 3, pp. 1393 – 1401.
10. Ren Bo, Zheng Yongkang, Wang Yongfu, Sheng Siqing, Li Jinsong, Zhang Haiyang, Zheng Chao, Dianwang Jishu. (2021), Fault Location of Secondary Equipment in Smart Substation Based on Deep Learning. Power System Technology., Volume 45, Issue 2, pp. 713 – 725.
11. Liu Haolu, Shao Jianwei, Wang Xue, Han Xuesen, Liu Xuan, Liu Shiqi. (2022), Dianwang Jishu. State Evaluation and Fault Prediction of Distribution Automation Terminal Equipment Based on Digital Twins. Power System Technology, Volume 46, Issue 4, pp. 1605 – 1635.
12. Diao Naizhe, Zhang Yingwei, Sun Xianrui, Song Chonghui, Wang Wenwen, Zhang, Haifeng. (2023), A Real-Time Open-Circuit Fault Diagnosis Method Based on Hybrid Model Flux Observer for Voltage Source Inverter Fed Sensorless Vector Controlled Drives. IEEE Transactions on Power Electronics, Volume 38, Issue 2, pp. 2539 – 2551.
13. Gahovich S.V. (2010), Ocinka dostovirnosti kontrolju pri strukturnomu diagnostuvanni cifrovih tipovih elementiv zamini [Evaluation of control reliability in structural diagnostics of digital standard replacement elements], Zbirnik naukovih prac' Vijs'kovogo institutu Kiivs'kogo nacional'nogo universitetu imeni Tarasa Shevchenka. K.: VIKNU., №26, pp. 16-21.

PhD Zhyrov G.B., PhD Gakhovych S.V.

DEVICE OF THE STRUCTURE OF THE CHECKING TEST OF THE DIGITAL THESIS RLS 19Ж6

The general need to develop additional diagnostic equipment is that a fairly large number of complex technical objects are currently in use, which are morally but not physically obsolete, and therefore it is not possible to abandon their use today. Radar 19Ж6 belongs to such objects. The level of diagnostic support for this radar does not meet the requirements for modern models of radio electronic weapons (REW). The 19Ж6 was replaced by another radar with significantly improved diagnostic support. An automated diagnostic complex of the Diana series is used to diagnose and repair modern radar systems of domestic production. This complex is designed to diagnose and restore complex digital and digital-to-analog standard replacement elements. It is possible to adapt a modern diagnostic complex to diagnose outdated equipment, but within the limited funding, it is economically impractical. Accordingly, there is a task to develop modern means of diagnosing typical replacement elements of the 19Ж6 radar, which can be used to equip stations. Within the framework of the overall task, a number of partial tasks can be identified. One of these tasks is the development of a general methodology and a structural diagram of the device for determining the verification test for digital standard replacement elements (SRE) from the 19Ж6 radar. Thus, the article is devoted to the development of a block diagram of the device for forming a diagnostic test as a component of the device for monitoring the technical condition of digital SRE. The structure of the device is completely determined by the methodology of the test structure. The result of the diagnostic test is a decision on the operability or inoperability of the SRE. The need for such diagnostics stems from the fact that the built-in technical diagnostic system does not detect a single inoperable TES, but detects a group of suspected inoperable SRE. To separate the inoperable digital device, it is necessary to use additional equipment. The paper proposes to use an energy-static diagnostic method, the essence of which is that the value of the voltage on an additional resistance, which is measured in a steady-state operation mode, is used as a diagnostic parameter.

The method of designing the verification test is the method of experimental evaluation of the length of the test sequence, and the sequence itself is a pseudo-random sequence of input influences.

Keywords: diagnostic test, 19Ж6 radar, energy-static diagnostic method, partial verification test.