

УДК 629.735.05:621.3(045)

ОПТИМАЛЬНИЙ АЛГОРИТМ ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ОБЛАДНАННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ**І. О. Мачалін** — д-р техн. наук, доц.Національний авіаційний університет
tks@nau.edu.ua

Запропоновано алгоритм діагностування обладнання телекомунікаційних систем, який використовує оптимальну обробку результатів вимірювань і оптимальне правило вибору контрольних допусків. Алгоритм також враховує вплив інформаційних властивостей об'єкта контролю на процес діагностування.

Ключові слова: алгоритм діагностування, помилки діагностування, контрольні допуски, обробка вимірювань.

The algorithm for diagnosing of telecommunication systems using the optimal processing of measurement results and the optimal rule for selecting the control tolerances was proposed. The algorithm also takes into account the impact of the information properties of the object to control the process of diagnosing.

Keywords: diagnostic algorithm, error diagnosis, control tolerances, process measurement.

Постановка проблеми

На теперішній час особливі вимоги ставляться до готовності та якості функціонування телекомунікаційних систем (ТКС). При цьому готовність апаратних засобів безпосередньо визначається їх технічним станом, який реєструється системами діагностування.

Від алгоритмів діагностування залежить достовірність і час діагностування.

Помилки в процесі діагностування можуть призвести до неправильних сприйнятих рішень про відмову системи або про її працездатний стан, та спричинити простої ТКС, втрату частини інформації і, як наслідок, великі матеріальні втрати.

Тому проблема розробки оптимальних алгоритмів діагностування, які дають змогу підвищити готовність ТКС і знизити рівень помилок діагностування, є актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Відомо ряд алгоритмів контролю та діагностування технічного стану систем [1–3].

Основним їх недоліком є той факт, що стимулюючі сигнали не враховують інформаційних властивостей діагностованого об'єкта і не обґрунтовується вибір еталонних значень інформаційних (діагностичних) параметрів. При цьому більшість алгоритмів не використовують оптимальну обробку результатів вимірювань.

В основному обробка результатів вимірювань зводиться до їх усереднення, або до мажоритарного алгоритму.

Крім того, для забезпечення необхідної достовірності та повноти діагностування необхідно враховувати інформаційні властивості самого об'єкта контролю.

Постановка задачі

Мета статті — розробка оптимального алгоритму діагностування, в якому під час управління діагностуванням стимулюючі сигнали обирають з урахуванням обсягу інформації, яку може прийняти об'єкт діагностування як канал передачі сигналів.

Крім того, виконується оптимальне оброблення результатів вимірювань, на підставі якого отримується оптимальна оцінка значення кожного відліку за критерієм мінімуму середньоквадратичної похибки діагностування.

Допуски (еталонні значення) для відліку діагностичних (інформаційних) параметрів обираються за умови забезпечення мінімуму повної ймовірності помилки діагностування.

Надалі рішення про використання об'єкта за призначенням приймається на основі оцінки показника якості функціонування об'єкта діагностування.

Алгоритм діагностування

На рисунку наведено алгоритм діагностування за N діагностичними параметрами.

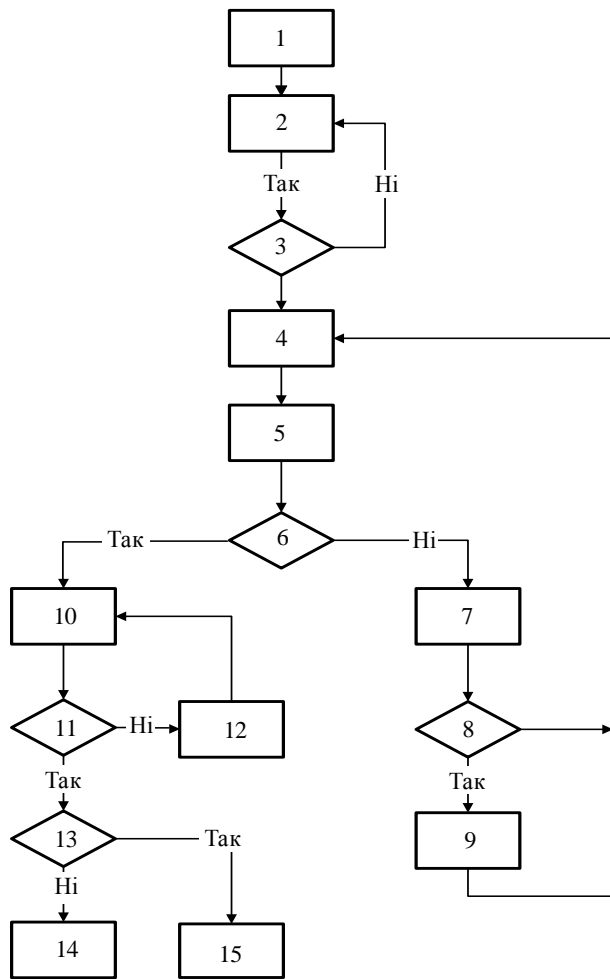
На кроці 1 задається номер діагностичного параметра $i = \overline{1, N}$.

На кроці 2 задаються всі необхідні для використання способу вхідні дані.

Обсяг стимулюючого сигналу $V_{S,i}$ для i -го параметра обирається із умови

$$V_{S,i} = V_{0,i}, \quad (1)$$

тобто, щоб обсяг стимулюючого сигналу дорівнював власному обсягу інформації об'єкта $V_{0,i}$, який він може прийняти як канал передачі сигналів.



Алгоритм діагностування за N діагностичними параметрами

У працях [4–6] показано, що обсяг I_i діагностичної інформації в i -му діагностичному сигналі (ДС) — це обсяг V_i цього сигналу:

$$\begin{aligned}
 I_i = V_i &= \Delta T_i \Delta F_i \Delta D_i = \\
 &= \Delta T_i \Delta F_i \ln \frac{P_{\max,i}}{P_{\min,i}} = \Delta T_i \Delta F_i \ln \Delta H_i,
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

де $\Delta T_i, \Delta F_i, \Delta D_i$ — тривалість, ширина спектра, динамічний діапазон ДС відповідно; $P_{\max,i}, P_{\min,i}$ — максимальне та мінімальне значення потужності ДС.

Таким чином, значення $V_{0,i}$ і $V_{S,i}$ з урахуванням виразу (2) визначаються за формулами:

$$\begin{aligned}
 V_{0,i} &= \Delta T_{0,i} \Delta F_{0,i} \log \frac{P_{0\max,i}}{P_{0\min,i}}; \\
 V_{S,i} &= \Delta T_{S,i} \Delta F_{S,i} \log \frac{P_{S\max,i}}{P_{S\min,i}},
 \end{aligned}$$

де $P_{0\max,i}, P_{0\min,i}$ — відповідні максимальні і мінімальні значення потужностей сигналів, які мо-

же пропускати об'єкт; $P_{S\max,i}, P_{S\min,i}$ — відповідні максимальні і мінімальні значення потужностей стимулюючого сигналу; $\Delta T_{0,i}, \Delta T_{S,i}$ — тривалості передачі сигналів; $\Delta F_{0,i}, \Delta F_{S,i}$ — ширина спектрів частот сигналів.

На кроці 3 перевіряють, чи виконується умова (1). Якщо ця умова не виконується, повертаються до кроку 2 і коригують обсяг стимулюючого сигналу. Якщо ця умова виконується, переходять на крок 4, де подають стимулюючий сигнал $S_i(t)$ на об'єкт діагностування і отримують вихідний діагностичний сигнал об'єкта i -го параметра $X_i(t)$.

На кроці 5 виконують стробування діагностичного сигналу — взяття $j > 1$ відліків. Для j -го відліку $Y_{i,j}$ на кроці 6 виконують оптимальне оцінювання значення відліку і отримують оптимальну оцінку значення відліку $Y_{i,j}^*$ за умов:

$$\begin{aligned}
 \min_{Y_{i,j}} \varepsilon^2 Y_{i,j} &= \min_{Y_{i,j}} M \left[X_{i,j} - Y_{i,j} \right]^2 \leq \\
 \min_{Y_{i,j}} \varepsilon^2 Y_{i,j} &= \min_{a_1, a_2} M \left[X_{i,j} - a_1 Y_{i,j} - 1 - a_1 a_2 \right]^2,
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

де оптимальні значення параметрів a_1, a_2 визначають з рівнянь:

$$\begin{aligned}
 a_{1,\text{opt}} &= \Delta H_{i,0} / \Delta H_{i,0} + 1; \\
 a_{2,\text{opt}} &= M \left[X_{i,j} \right] = m_{x_{i,j}}
 \end{aligned}$$

де $\Delta H_{i,0}$ — співвідношення потужностей сигнал/шум для відліку $Y_{i,j}$; $m_{x_{i,j}}$ — математичне сподівання істинного значення $X_{i,j}$.

На кроці 7 перевіряють, чи знаходиться значення $Y_{i,j}^*$ в полі допуску $\Delta Y_{i,j}$. Поле допуску a_i, b_i для істинного значення $X_{i,j}$ у момент взяття відліку t_j обирають за умови

$$\int_{a_i}^{b_i} f(x, t_j) dx = \int_0^{t_j} f(z) dz = P_i \int_{a_i}^{b_i} f(x, t_j) dx,$$

де $f(x, t_j)$ — щільність розподілу $X_{i,j}$; $f(z)$ — щільність розподілу часу безвідмовної роботи за діагностичним параметром X_i ; $P(t_j)$ — імовірність безвідмовної роботи за діагностичним параметром X_i .

Поле допуску $\Delta Y_{i,j} = b_{i,j} - a_{i,j}$ для відліку $Y_{i,j}$ обирають за умови забезпечення мінімуму повної ймовірності помилки діагностування

$$\min_{a_{i,j}, b_{i,j}} Q_{a_{i,j}, b_{i,j}} = \int_{a_i}^{b_i} f_1(x, t_j) \times \left[\int_{-\infty}^{a_{i,j}-x} f_2(\xi) d\xi + \int_{b_{i,j}-x}^{\infty} f_2(\xi) d\xi \right] dx + \int_{-\infty}^{a_i} f_1(x, t_j) \int_{a_{i,j}-x}^{b_{i,j}-x} f_2(\xi) d\xi dx + \int_{b_{i,j}}^{\infty} f_1(x, t_j) \int_{a_{i,j}-x}^{b_{i,j}-x} f_2(\xi) d\xi dx, \quad (4)$$

де

$$b_{i,j} = \frac{\Delta H_{i,0} + 1}{\Delta H_{i,0}} b_i; \quad a_{i,j} = \frac{\Delta H_{i,0} + 1}{\Delta H_{i,0}} a_i$$

$$b_{i,j} - a_{i,j} = \frac{\Delta H_0 + 1}{\Delta H_0} (b_i - a_i) = a_{i,opt}^{-1} (b_i - a_i).$$

Якщо $Y_{i,j}^* \notin \Delta Y_{i,j}$, тоді переходять на крок 8, де виконують пошук несправного елемента. Якщо несправний елемент знайдено (крок 9), тоді виконують його заміну (крок 10) і повертаються до кроку 4, де знову виконують стимулювання об'єкта.

Якщо на кроці 7 виконується умова $Y_{i,j}^* \notin \Delta Y_{i,j}$, то переходять до кроку 11, де за формулою непрямих вимірювань розраховують показник якості $K_{i,j}$ об'єкта за оцінкою діагностичного сигналу $Y_{i,j}^*$. У момент t_j часу діагностування показник якості $K_{i,j}$ розраховується за формулами непрямих вимірювань:

$$K_{i,j1}^* = \frac{b_i - Y_{i,j}^*}{b_i - a_i}; \quad \frac{\partial M[Y_{i,j}(t)]}{\partial t} > 0;$$

$$K_{i,j2}^* = \frac{Y_{i,j}^* - a_i}{b_i - a_i}; \quad \frac{\partial M[Y_{i,j}(t)]}{\partial t} < 0,$$

де вибір формули визначається знаком похідної математичного сподівання діагностичного параметра.

Поле допуску для показників якості визначається за формулою

$$\Delta K_{i,j} = K_{\min}, 1,$$

де значення K_{\min} знаходять за вимогами нормативної технічної документації.

На кроці 12 перевіряють, чи належить значення $K_{i,j}$ полю допуску $K_{\min}, 1$.

Якщо ця перевірка дала негативний результат, переходять на крок 13, де виконується регулювання об'єкта, після чого повертаються на крок 11.

Якщо $K_{i,j} \in \Delta K_{i,j}$, тоді приймають рішення, що об'єкт за i -м діагностичним параметром є працездатним і на кроці 14 перевіряють умову, чи є цей діагностичний параметр останнім ($i = N$?).

Якщо цей параметр не останній, переходять на крок 15, де змінюють номер діагностичного параметра ($i = i + 1$), далі переходять до кроку 2 і виконують діагностування за наступним параметром згідно з викладеною ітераційною процедурою.

Якщо $i = N$, тоді приймають рішення про завершення діагностування об'єкта за усіма діагностичними параметрами, оскільки усі вони відповідають нормам якості і об'єкт допускається до використання за призначенням (крок 16).

Порівняльний аналіз з іншими алгоритмами показав, що використання оптимального способу діагностування дозволяє істотно підвищити достовірність і якість контролю та діагностування ТКС.

Висновки

Розроблено алгоритм діагностування ТКС, оптимальність якого полягає в оцінюванні значення кожного відліку вимірювань параметрів за критерієм мінімуму середньоквадратичної похибки діагностування (3).

Крім того, поле допуску вибирається з умови забезпечення мінімуму повної ймовірності помилок діагностування першого і другого роду (4). Такий підхід є оригінальним, оскільки дозволяє варіювати полем допуску за певним критерієм і отримувати високі характеристики якості процесу діагностування. Зокрема, істотно підвищити достовірність діагностування.

За рахунок обліку інформаційних характеристик самого об'єкта контролю досягається істотне зниження втрат діагностичної інформації та підвищення повноти контролю.

Результати мають теоретичний і практичний інтерес у процесі проектування і експлуатації ТКС.

Подальшим розвитком досліджень є використання додаткової мажоритарної обробки результатів вимірювань для усунення впливу збоїв на процес діагностування, що притаманно сучасним цифровим ТКС.

ЛІТЕРАТУРА

1. Доценко Б. И. Системы автоматизированного контроля: учеб. пособие / Б. И. Доценко, В. А. Игнатов, В. Н. Казак. — К. : КМУГА, 1995. — 148 с.

2. Буравлев А. И. Управление техническим состоянием динамических систем / А. И. Буравлев, Б. И. Доценко, И. Е. Казаков. — М. : Машиностроение, 1995. — 240 с.

3. Pham H. Handbook of reliability engineering / H. Pham. — London : Springer, 2003. — 298 p.

4. Игнатов В. А. Оптимальное управление диагностированием изделий авиационной техники / В. А. Игнатов, И. А. Мачалин // Проблемы інфор-

матизації та управління: зб. наук. праць. — К. : НАУ, 2006. — Вип. 2(17). — С. 72–81.

5. Игнатов В. А. Показатели эффективности скалярного метода оптимального диагностирования стробированием / В. А. Игнатов, Г. Ф. Коначович, И. А. Мачалин // Радіотехніка: Всеукр. міжвід. зб. наук. пр. — Харків : ХНУРЕ, 2007. — Вип. 146. — С. 152–155.

6. Игнатов, В. А. Потенциальная эффективность систем диагностирования / В. А. Игнатов, Г. Ф. Коначович, И. А. Мачалин // Моделювання та інформаційні технології: зб. наук. праць ПІМЕ ім. Г. Є. Пухова. — К. : ПІМЕ, 2007. — Вип. 40. — С. 39–48.

Стаття надійшла до редакції 15.04.13.