

УДК 658.5:681.3

А. І. Власюк

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ АКТИВНОСТІ АКУПУНКТУРНОЇ СИСТЕМИ ЛЮДИНИ

В роботах [1, 2] розглянуті основні принципи побудови діагностичної моделі (ДМ) та її використання для визначення стану акупунктурної системи людини (АСЛ). В цій роботі розглядається система автоматизованого контролю (САК) визначення стану акупунктурної системи людини методом біоенергодіагностики.

Попередні зауваження

Аналізуючи об'єкт контролю (ОК) – акупунктурну систему людини визначимо основні вимоги до САК:

— єдино можливий спосіб визначення стану АСЛ — **структурний** (функційний) контроль;

— враховуючи характер взаємодії САК з ОК необхідно використати методи **пасивного** контролю, в процесі якого рішення про стан ОК приймають на основі вивчення вихідних величин, притаманних даному ОК за його природою функціонування, без подачі додаткових тестових дій;

— вид оцінки стану ОК — кількісний. Кількісний контроль дає не тільки оцінку «справний – несправний», але й відхилення параметрів ОК від граничних або номінальних параметрів.

Під структурним діагностуванням [3] розуміється перевірка ОК в цілому. При цьому на входи ОК подаються чи фіксуються тестові чи робочі впливи, а на виходах ОК фіксуються відповідні реакції, що характеризують правильність виконання функції, що реалізуються ОК. Після закінчення процесу контролю, ОК визнається працездатним якщо виконується умова:

$$\forall x \in X \forall y \in Y \left| (y_0 \in Y_0) - (y = \phi(x)) \right| \leq \delta \in \Delta, \quad (1)$$

де X – множина вхідних, тестових або робочих сигналів; Y – множина можливих вихідних сигналів; $Y_0 \subset Y$ – множина еталонних реакцій; ϕ — оператор відображення X в Y (функція, що реалізується схемою); Δ — множина констант.

На практиці для зменшення часу та вартості контролю обмежуються деякою підмножиною сигналів $X' \subset X, Y' \subset Y$, що вибираються з врахуванням достовірності контролю. Якщо умова (1) не виконується, тобто на i -му вихідному сигналі $x_i \in X; y_{0i} - \phi(x_i) > \delta_i; i = \overline{1, |X'|}$, то ОК класифікується як несправний.

Синтез системи контролю та визначення достовірності контролю

Узагальнена структурна схема [4] системи автоматизованого контролю визначення стану акупунктурної системи людини показана на рис. 1.

На об'єкт діагностування із оточення діють зовнішні впливи X . Вихідні сигнали Y з ОК, що містять інформацію про технічний стан ОК, поступають на перетворювач Π , де перетворюються в нормовані і уніфіковані сигнали Z . Класифікатор K , аналізуючи вихідні сигнали з перетворювача і наявні діагностичні моделі виробляє рішення про стан ОК. Регістратор на основі отриманих сигналів Z і G формує сигнал P , що містить в собі дані про стан ОК (справний—несправний), величини контрольованих параметрів, їх абсолютні та відносні відхилення від номіналу і т. д.

В автоматизованій системі в процесі діагностування приймає участь оператор, який на

основі інформації P , що поступає із регістратора, забезпечує проведення процесу контролю, а також приймає рішення про зміну послідовності чи припинення процесу контролю.

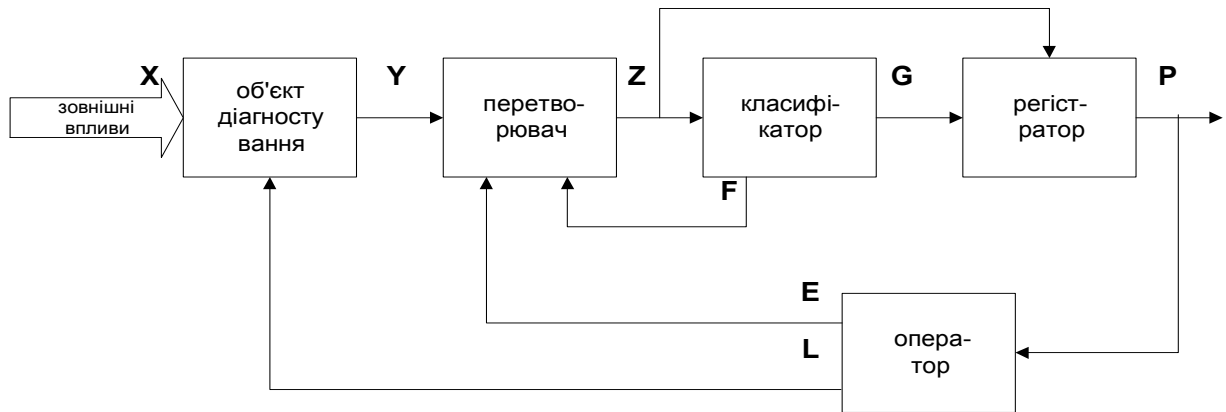


Рис. 1. Узагальнена структурна схема системи автоматизованого контролю визначення стану акупунктурної системи людини

Розглянемо числову діагностичну модель активності АСЛ [1].

Для одного параметра, наприклад, активності меридіана серця C числові характеристики моделі наведені в таблиці.

Числові характеристики діагностичної моделі меридіана серця C

Назва елемента моделі	Зона функційної рівноваги (%)	Зона функційних відхилень, пригнічення (%)	Зона функційних відхилень, збудження (%)
Числові значення активності	$6,63 < A < 8,40$	$A < 6,63$	$A > 8,40$

Для визначення значення достовірності контролю, яка характеризує ступінь довіри до результатів контролю скористаємося методами загальної теорії перевірки статистичних гіпотез [4, 5].

Для однопараметричного ОК і пасивної САД до проведення контролю ймовірність, що ОК справний, визначається

$$P_{\text{спр}} = \int_{A_{\min}}^{A_{\max}} f(y) dy, \quad (2)$$

де $P_{\text{спр}}$ — ймовірність що ОК справний; (A_{\min}, A_{\max}) — інтервал допуску для вихідної величини Y ; $f(y)$ — щільність розподілу випадкової вихідної величини Y .

Ймовірність несправності ОК через відхилення від нормальних умов експлуатації:

$$P_{\text{н.спр}} = \int_{-\infty}^{A_{\min}} f(y) dy + \int_{A_{\max}}^{\infty} f(y) dy. \quad (3)$$

Однак в процесі контролю обов'язково вносяться похибки перетворення, обумовлені похибками вимірювання і похибками відтворення інтервалів допусків та прийняття рішення, в результаті чого аналізується не вихідна величина Y а величина \tilde{Y} , яка має вигляд

$$\tilde{Y} = Y + E, \quad (4)$$

де E — похибка вимірювально-перетворювального тракту САК.

Це призводить до виникнення помилок контролю: придатний об'єкт визначається як непридатний, а непридатний — придатним.

В процесі проведення контролю САК активності АСЛ згідно з моделлю показаною в таблиці може мати місце одна із дев'яти несумісних подій H_j з ймовірністю $P(H_j)$:

H_1 — об'єкт справний, результат контролю «норма» ($A_{\min} < Y < A_{\max}$, $A_{\min} < \tilde{Y} < A_{\max}$);

H_2 — об'єкт справний, результат контролю «пригнічений» ($A_{\min} < Y < A_{\max}$, $\tilde{Y} < A_{\min}$);

- H_3 — об'єкт справний, результат контролю «збуджений» ($A_{\min} < Y < A_{\max}$, $\tilde{Y} > A_{\max}$);
 H_4 — об'єкт «пригнічений», результат контролю «пригнічений» ($A_{\min} > Y$, $A_{\min} > \tilde{Y}$);
 H_5 — об'єкт «пригнічений», результат контролю «норма» ($A_{\min} > Y$, $A_{\min} < \tilde{Y} < A_{\max}$);
 H_6 — об'єкт «пригнічений», результат контролю «збуджений» ($A_{\min} > Y$, $A_{\max} < \tilde{Y}$);
 H_7 — об'єкт «збуджений», результат контролю «збуджений» ($Y > A_{\max}$, $\tilde{Y} > A_{\max}$);
 H_8 — об'єкт «збуджений», результат контролю «норма» ($Y > A_{\max}$, $A_{\min} < \tilde{Y} < A_{\max}$);
 H_9 — об'єкт «збуджений», результат контролю «пригнічений» ($Y > A_{\max}$, $\tilde{Y} < A_{\min}$).

Події H_1 , H_4 , H_7 відповідають правильним рішенням, прийнятим за результатами контролю, навіть якщо вимірювально-перетворювальний тракт вносить похибки, і вимірне значення параметра відрізняється від істинного значення. Ймовірність вірного рішення $P_{вр} = P(H_1) + P(H_4) + P(H_7)$.

Події H_2 , H_3 називаються помилковою відмовою. Ймовірність помилкової відмови визначиться як $P_{пв} = P(H_2) + P(H_3)$.

Події H_5 , H_8 називаються невиявленою відмовою. Ймовірність невиявленої відмови визначиться як $P_{нв} = P(H_5) + P(H_8)$.

Події H_6 , H_9 називаються помилкою класифікації.

Логічна схема формування рішення про стан об'єкту діагностування показана на рис. 2.

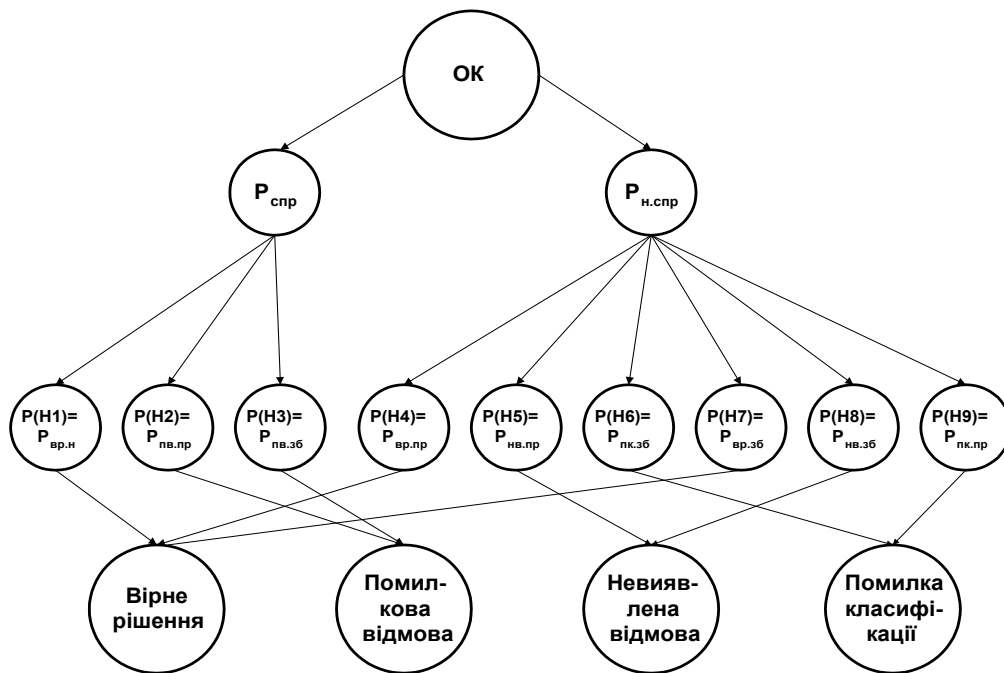


Рис. 2. Логічна схема формування рішення про стан об'єкту діагностування – АСЛ

У відповідності з (4), оскільки Y та E в ймовірнісному сенсі є величинами незалежними, то результат контролю описується як композиція щільностей розподілу $f(Y)$ та $f_1(E)$:

$$\psi(\tilde{Y}) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(Y)f_1(E)dY = \int_{-\infty}^{+\infty} f(Y)f_1(\tilde{Y}-Y)dY. \quad (5)$$

Для H_1 $A_{\min} < Y < A_{\max}$, $A_{\min} < \tilde{Y} < A_{\max}$. Підставивши замість \tilde{Y} значення $(Y + E)$ отримаємо

$$A_{\min} < Y < A_{\max}, A_{\min} < Y + E < A_{\max} \quad \text{або} \quad A_{\min} - Y < E < A_{\max} - Y.$$

Тоді ймовірність подій H_1 :

$$P(H_1) = \int_{A_{\min}}^{A_{\max}} f(Y) \left[\int_{A_{\min}-Y}^{A_{\max}-Y} f_1(E)dE \right] dY..$$

Для інших подій:

$$\begin{aligned}
 H_2: A_{\min} < Y < A_{\max}, \tilde{Y} < A_{\min}; \quad P(H_2) &= \int_{A_{\min}}^{A_{\max}} f(Y) \left[\int_{-\infty}^{A_{\min}-Y} f_1(E) dE \right] dY; \\
 H_3: A_{\min} < Y < A_{\max}, \tilde{Y} > A_{\max}; \quad P(H_3) &= \int_{A_{\min}}^{A_{\max}} f(Y) \left[\int_{A_{\max}-Y}^{\infty} f_1(E) dE \right] dY; \\
 H_4: A_{\min} > Y, A_{\min} > \tilde{Y}; \quad P(H_4) &= \int_{-\infty}^{A_{\min}} f(Y) \left[\int_{-\infty}^{A_{\min}-Y} f_1(E) dE \right] dY; \\
 H_5: A_{\min} > Y, A_{\min} < \tilde{Y} < A_{\max}; \quad P(H_5) &= \int_{-\infty}^{A_{\min}} f(Y) \left[\int_{A_{\min}-Y}^{A_{\max}-Y} f_1(E) dE \right] dY; \\
 H_6: A_{\min} > Y, A_{\max} < \tilde{Y}; \quad P(H_6) &= \int_{-\infty}^{A_{\min}} f(Y) \left[\int_{A_{\max}-Y}^{\infty} f_1(E) dE \right] dY; \\
 H_7: A_{\max} < Y, \tilde{Y} > A_{\max}; \quad P(H_7) &= \int_{A_{\max}}^{\infty} f(Y) \left[\int_{A_{\max}-Y}^{\infty} f_1(E) dE \right] dY; \\
 H_8: Y > A_{\max}, A_{\min} < \tilde{Y} < A_{\max}; \quad P(H_8) &= \int_{A_{\max}}^{\infty} f(Y) \left[\int_{A_{\min}-Y}^{A_{\max}-Y} f_1(E) dE \right] dY; \\
 H_9: Y > A_{\max}, \tilde{Y} < A_{\min}; \quad P(H_9) &= \int_{A_{\max}}^{\infty} f(Y) \left[\int_{-\infty}^{A_{\min}-Y} f_1(E) dE \right] dY.
 \end{aligned}$$

Помилка першого роду α та помилка другого роду β визначаються таким чином:

$$\alpha = \frac{P_{\text{пв}}}{P_{\text{сп}}};$$

$$\alpha = \frac{\int_{A_{\min}}^{A_{\max}} f(Y) \left[\int_{-\infty}^{A_{\min}-Y} f_1(E) dE \right] dY + \int_{A_{\min}}^{A_{\max}} f(Y) \left[\int_{A_{\max}-Y}^{\infty} f_1(E) dE \right] dY}{\int_{A_{\min}}^{A_{\max}} f(Y) \left[\int_{A_{\min}-Y}^{A_{\max}-Y} f_1(E) dE \right] dY + \int_{A_{\min}}^{A_{\max}} f(Y) \left[\int_{-\infty}^{A_{\min}-Y} f_1(E) dE \right] dY + \int_{A_{\min}}^{A_{\max}} f(Y) \left[\int_{A_{\max}-Y}^{\infty} f_1(E) dE \right] dY},$$

оскільки $\int_{A_{\min}-Y}^{A_{\max}-Y} f_1(E) dE + \int_{-\infty}^{A_{\min}-Y} f_1(E) dE + \int_{A_{\max}-Y}^{\infty} f_1(E) dE = 1$,

то

$$\alpha = \frac{\int_{A_{\min}}^{A_{\max}} f(Y) \left[\int_{-\infty}^{A_{\min}-Y} f_1(E) dE \right] dY + \int_{A_{\min}}^{A_{\max}} f(Y) \left[\int_{A_{\max}-Y}^{\infty} f_1(E) dE \right] dY}{\int_{A_{\min}}^{A_{\max}} f(Y) dY}. \quad (6)$$

Аналогічно для β : $\beta = \frac{P_{\text{нв}}}{P_{\text{н.сп}}}$,

$$\beta = \frac{\int_{-\infty}^{A_{\min}} f(Y) \left[\int_{A_{\min}-Y}^{A_{\max}-Y} f_1(E) dE \right] dY + \int_{A_{\max}}^{\infty} f(Y) \left[\int_{A_{\min}-Y}^{A_{\max}-Y} f_1(E) dE \right] dY}{\int_{-\infty}^{A_{\min}} f(Y) dY + \int_{A_{\max}}^{\infty} f(Y) dY}. \quad (7)$$

Достовірність результату контролю «Справний» — $D_{\text{сп}}$ та достовірність результату контролю «Несправний» — $D_{\text{н.сп}}$ у відповідності з [5]:

$$D_{\text{спр}} = \frac{P_{\text{спр}}(1-\alpha)}{P_{\text{спр}}(1-\alpha) + P_{\text{н.спр}}\beta}, \quad (8)$$

$$D_{\text{н.спр}} = \frac{P_{\text{н.спр}}(1-\beta)}{P_{\text{н.спр}}(1-\beta) + P_{\text{спр}}\alpha}. \quad (9)$$

Для однопараметричного об'єкту допускova область являє собою відрізок. При цьому достовірність контролю визначається тільки похибкою вимірювально-перетворювального тракту САК.

Модель багатопараметричного ОК описується випадковим n -мірним вектором $Y(n)$ проєкції якого, параметри (X_1, X_2, \dots, X_n) є випадковими величинами. При цьому, навіть з ідеальною (безпомилковою) роботою вимірювально-перетворювального тракту виникає методична складова помилки визначення стану об'єкту. Вона визначається, в першу чергу, недостатнім обсягом (глибиною) охопту контролем всіх складових параметрів ОК, а також неточності діагностичних моделей. Таким чином, в процесі контролю багатопараметричного ОК достовірність визначається двома складовими: інструментальною та методичною [6]. N -мірному вектору $Y(n)$ можна поставити у відповідність інтервал допуску $\Omega(n)$, який являє собою гіперповерхню складної конфігурації. Умова працездатності в даному випадку $Y(n) \in \Omega(n)$. Допускаючи що ОК характеризується сукупністю незалежних величин (навіть якщо в дійсності вони залежні), задача контролю розпадається на n задач одномірного контролю. Оскільки повна діагностична модель активності АСЛ має 12 параметрів, помилки першого та другого роду для багатопараметричного ОК, згідно з [7] запишемо у вигляді

$$\alpha = 1 - \prod_{i=1}^{12} P_{\text{пви}}(1-\alpha_i); \quad (10)$$

$$\beta = \frac{\prod_{i=1}^{12} P_{\text{спри}}(1-\alpha_i) + P_{\text{н.спр}}\beta_i - \prod_{i=1}^{12} P_{\text{спри}}(1-\alpha_i)}{1 - \prod_{i=1}^{12} P_{\text{спри}}}. \quad (11)$$

Висновки

1. Для контролю всіх необхідних параметрів активності акупунктурної системи людини необхідно використовувати пасивну систему контролю, що реалізує структурний (функціональний) спосіб діагностування

2. Для розрахунку параметрів достовірності контролю багатопараметричного ОК запропоновано розрахувати помилки першого та другого роду для параметру однопараметричної діагностичної моделі АСЛ і провести узагальнення на випадок багатомірності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Макац В., Макац Д., Ладуба Ю., Макац С., Власюк А. Функціональна біоенергодіагностика стійкості вегетативної нервової системи і її біоактиваційна корекція (по В. Макац). — Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1997 р. — 100 с.
2. Власюк А. І. Статистичні моделі активності меридіанів людини. Матеріали першої міжнародної науково-методичної конференції «Методичні та організаційні аспекти використання мережі ІНТЕРНЕТ в закладах освіти (ІНТЕРНЕТ-ОСВІТА-НАУКА-98)» Том2. — Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1998. — 216 с.
3. Байда Н. П. и др. Микропроцессорные системы поэлементного диагностирования РЭА. — М.: Радио и связь, 1987. — 256 с.
4. Системы автоматизированного контроля радиоэлектронной аппаратуры / Володарский Е. Т., Губарь В. И., Никифоров Л. Л., Туз Ю. М. — К.: Техніка, 1983. — 151 с.
5. Володарський Е. Т., Малиновський Б. Н., Туз Ю. М. Планирование и организация измерительного эксперимента. К.: Вища школа — 1987. — 280 с.
6. Кузьмин А. Б. Достоверность допусковых методов контроля сложных технических систем // АиТ. — 1987. — № 10. — С. 59—65
7. Автоматическая аппаратура контроля радиоэлектронного оборудования / Под ред. Н. Н. Пономарева. — М.: Сов. Радио, 1975. — 328 с.