

УДК 389.629

В. М. Кутін, д. т. н., проф.;

М. О. Ілюхін, студ.;

М. В. Кутіна, студ.

## ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

Запропоновано використати ентропію як міру оцінки ефективності системи діагностичного контролю. Установлено аналітичну залежність для визначення вірогідності стану об'єкта діагностування для будь-якого моменту часу і ефективності системи діагностичного контролю.

Як об'єкт діагностування (ОД) електротехнічні комплекси функційно різноманітні, конструктивно складні, вирішують складні задачі, мають високу ціну відмов та велику автономність. Якість процедури контролю електротехнічних комплексів, ступінь його правдоподібності прийнято характеризувати вірогідністю контролю. Кількісною оцінкою вірогідності є ймовірність того, що результат контролю відповідає дійсному стану об'єкта. Вірогідність розподіляють на методичну та інструментальну. Як показано в [1, 2] визначення показників вірогідності контролю є досить таки складною задачею, навіть для простих комплексів.

В даній роботі пропонується використати ентропію як міру оцінки ефективності системи діагностичного контролю електротехнічного комплексу.

Розглянуто таку модель: є деякий електротехнічний комплекс, що розглядається, як об'єкт діагностування (ОД), технічний стан його характеризується множиною станів  $\{S\}$ ; відома множина ймовірностей станів  $\{P\}$  і система контролю СК, яка дозволяє визначити в якому з можливих станів знаходиться ОД в заданий момент часу. Априорна невизначеність ОД

$$H(\text{ОД}) = -\sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i = \sum_{i=1}^n \xi(P_i), \quad (1)$$

де  $\xi(P_i) = P_i \log_2 P_i$  — функція.

Нехай в момент часу  $t_k$  ОД прийняв один з можливих станів  $s_j$  і інформація про це потрапила на вхід СК для аналізу. Кількість цієї інформації визначимо як

$$I_{\text{вх}}(t_k) = H(\text{ОД}). \quad (2)$$

Оскільки СК в процесі функціонування не виробляє нової інформації, а тільки перетворює її з втратою інформації  $\Delta I$ , то кількість вихідної інформації

$$I_{\text{вих}}(t_k + \Delta t_k) = I_{\text{вх}}(t_k) - \Delta I(\Delta t_k). \quad (3)$$

Відносна кількість втраченої інформації

$$\Delta I_*(t_k + \Delta t_k) = \frac{I_{\text{вих}}(t_k + \Delta t_k)}{I_{\text{вх}}(t_k)} = 1 - \frac{\Delta I(\Delta t_k)}{I_{\text{вх}}(t_k)}. \quad (4)$$

Таким чином,  $I_*(t_k + \Delta t_k)$  — вірогідність визначення стану ОД в момент  $t_k$  і об'єктивно оцінює якість СК.

В загальному вигляді для опису якості роботи СК на довільному інтервалі часу  $[0, t_j]$  введемо середню вірогідність  $\Delta \bar{I}_*(t_j)$ , визначивши її із співвідношення (4),

$$\Delta \bar{I}_*(t_j) = \frac{\sum_{k=1}^j \Delta I_*(t_k + \Delta t_k) \cdot I_{\text{вих}}(t_k + \Delta t_k)}{\sum_{k=1}^j I_{\text{вх}}(t_k)}$$

Якщо процес обчислення не є джерелом втрат інформації, то величина  $\Delta I(\Delta t_k)$  повністю визначається ентропією Н(СК), а тому (4) з урахуванням (2) можна записати у вигляді

$$\Delta I_*(t_k) = 1 - \frac{H(\text{СК}, t_k)}{H(\text{ОД})},$$

де  $H(\text{СК}, t_k)$  — параметр СК, який можна використати як критерій оцінки СК для порівняння декількох їх варіантів.

Невизначеність Н(СК) є наслідком того, що з ймовірністю  $P_k(t_k)$  СК видає правильне рішення про стан ОД, а з ймовірністю  $Q_\Phi(t_k) = 1 - P_\Phi(t_k)$  — помилкове рішення, де  $P_\Phi(t_k)$  є ймовірність безвідмовної роботи. Останню можна визначити для будь-якого моменту часу з рівняння

$$H(\text{СК}) = P_\Phi \log_2 P_\Phi - (1 - P_\Phi) \log_2 (1 - P_\Phi) = 0.$$

Проведемо дослідження зв'язку між невизначеністю Н(СК) і основними параметрами СК. В найзагальнішому вигляді СК можна подати як сукупність апаратного і тестового контролю, тобто у вигляді моделі такого типу. Маємо контрольний автомат  $A_1$ , який неперервно контролює задану множину станів автомата  $A_2$ , на які впливають помилки. Крім цього з достатньо великим періодом  $T$  вмикається тестовий контроль — програма перевірки працездатності автоматів  $A_1$  і  $A_2$ , яка складається із  $m$  стимулів довжиною  $t(m)$  і надійністю  $P(m)$ .

На інтервалі  $[0, T]$  ентропія Н(СК) визначається параметрами СК і апаратним контролем. В роботі [3] показано, що на інтервалі  $0 \leq t \leq T$  її можна написати як

$$H(\text{СК}) = \frac{P}{n} (n \log_2 n + (1 - n) \log_2 (1 - n)), \tag{5}$$

де  $n = \frac{P(p + g_n)}{1 + [Q_0(g_0 a_1 + g_n a_2) + Q_n(p + g_0 a_3 + g_n a_4)]}$ ,  $P, Q_0, Q_n$  — ймовірність безвідмовної роботи, виникнення помилки і пропуску помилки, для автомата  $A_2$ ;  $p, g_0, g_n$  — ймовірності аналогічні за змістом попереднім, але для автомата  $A_1$ ;  $a_1, a_2, a_3, a_4$  — коефіцієнти пропорційності.

Аналіз показав, що для малих величин  $t(t \leq 100 \text{ год.})$ , функцію (5), з достатньою для попередніх розрахунків точністю, можна апроксимувати лінійно зростаючою функцією

$$H(t) = H_0 + \alpha t, \tag{6}$$

де  $H_0$  — ентропія СК з початку її роботи;  $\alpha$  — коефіцієнт пропорційності, що визначає якість апаратного контролю.

Після перевірки СК тестом, що має  $m_i$  стимулів, ймовірність виявлення відмов

$$Q_o^*(m_i) = \sum_{m=1}^i P_m^* \prod_{j=1}^{m-1} (1 - P_j^*),$$

де  $P_j^*$  — відносна надійність перевірки  $j$ -м стимулом.

Якщо стратегія перевірки є оптимальною, тобто вибрана за спаданням характеристик надійності окремих процедур  $P_1^* > P_2^*, \dots$ , то можна довести [4], що функція (6) може бути апроксимована неперервно функцією

$$Q_o^*(t) = \frac{P(m)}{1 - e^{-\beta t(m)}} [1 - e^{-\beta t}], \tag{7}$$

де  $0 \leq t \leq t(m)$ ,  $\beta$  — параметр, що відображає швидкість перевірки.

Оскільки ймовірність виявлення помилки тестовим контролем  $Q_0^*(t)$ , ймовірність пропускання помилки  $Q_n^*(t)$  і ймовірність правильної роботи  $P(t)$  до моменту закінчення роботи програми перевірки мають між собою такий зв'язок

$$Q_0^*(t) + Q_n^*(t) + P(t) = 1,$$

то ентропію СК в момент закінчення роботи програми перевірки, за умови, що сигналу помилки не має, можна визначити з рівняння

$$H_0 = (1 - Q_0^*(t)) \left[ (1 - P(t) - Q_0^*(t)) \log_2 (1 - P(t) - Q_0^*(t)) + P(t) \log_2 P(t) \right];$$

$$0 \leq t \leq t(m). \quad (8)$$

Таким чином, ефективність СК може бути розрахована після обчислення  $H(t)$  по (6) з урахуванням співвідношення (7) та (8).

### Висновки

Аналізуючи ефективність інформаційних систем, доцільно використовувати ентропію як критерій оцінки ефективності системи контролю.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Цапенко М. П. Измерительные информационные системы: Учеб. Пособие для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоиздат, 1985. — 439 с.
2. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю / Володарський Є. Т., Кухарчук В. В., Поджаренко В. О., Сердюк Г. Б. — Вінниця: ВДГУ, 2001. — 219 с.
3. Мозгалевський А. В., Гаскаров Д. В. Техническая диагностика (непрерывные объекты): Учеб. пособие для вузов. — М.: Высш. школа, 1975. — 207 с.
4. Глазунов Л. П., Смирнов А. Н. Проектирование технических систем диагностирования. — Л.: Энергоатомиздат: Ленингр. отд-ние, 1982. — 168 с.

Рекомендована кафедрою електричних станцій та систем

Надійшла до редакції 27.01.05  
Рекомендовано до опублікування 18.02.05

**Кутін Василь Михайлович** — професор кафедри електричних станцій та систем, **Ілюхін Максим Олександрович**, **Кутіна Марина Василівна** — студенти Інституту електроенергетики, екології та електромеханіки.

Вінницький національний технічний університет