

УДК 621.316.1.027

В. М. Кутін, д. т. н., проф.;

С. В. Матвієнко, к. т. н.;

В. В. Луцяк, асп.

ВИЗНАЧЕННЯ РОБОТОЗДАТНОСТІ СКЛАДНОГО ОБ'ЄКТА

Проаналізовано основні методи визначення роботоздатності. Запропоновано метод визначення роботоздатності складного об'єкта на основі побудови діагностичної моделі та визначення відносної чутливості показників до змін в об'єкті.

Під час визначення роботоздатності складних об'єктів, таких як, наприклад, електротехнічні комплекси (розподільні мережі ліній електропередач, автоматичні вимикачі, трансформатори), постає **проблема** врахування впливу великої кількості факторів на об'єкт та його підсистеми, а також вплив структури об'єкта на показники роботоздатності. Так, зокрема, мережі ліній електропередачі є розподіленими в просторі складними об'єктами, на роботоздатність яких буде впливати конфігурація їх внутрішніх елементів. Також постає проблема вибору серед всієї множини факторів найбільш впливових та кількісної оцінки їх впливу на роботоздатність об'єкта.

Існує ряд методів діагностування та визначення роботоздатності [1, 2, 3]. Для визначення стану об'єкта визначають його здатність виконувати свої робочі функції або реагувати на спеціальні сигнали. Дана процедура по суті і є визначенням роботоздатності об'єкта. При перевірці на функціонування, як правило, відсутня кількісна оцінка, тому роботоздатність об'єкта визначається за відповідним переміщенням виконавчих органів, кількістю робочого тіла, продукції, положенням комутаційних апаратів і т.п. В разі оцінки роботоздатності в якості параметрів об'єкта можна розглядати параметри елементів, коефіцієнти передатної функції або параметри динамічних ланок. Можна оцінювати роботоздатність об'єкта за характеристиками шляхом безпосереднього співставлення дійсних характеристик з еталонними, використовувати інтегральні оцінки або порівнювати окремі статичні та динамічні характеристики.

Параметри або характеристики можуть оцінюватись окремо або за результатом порівняння реакції об'єкта і еквівалентної моделі на однакові дії. В цьому випадку виникає **задача** побудови еквівалентної моделі об'єкта на основі контролю параметрів або характеристик.

Мета роботи — спрощення методу визначення роботоздатності складного об'єкта.

Для **досягнення поставленої мети** необхідно виконати таке:

- 1) визначити основні параметри або характеристики об'єкта, а також фактори, які на них впливають;
- 2) побудувати діагностичну модель об'єкта;
- 3) провести дослідження впливу факторів на характеристики об'єкта та визначити відносні чутливості параметрів до впливу різних факторів.

Об'єкт діагностування будемо вважати складним, якщо до його складу входить низка систем, роботоздатність яких можна оцінювати окремо. Складний об'єкт буде роботоздатним, якщо роботоздатні всі системи, які до нього входять, і нероботоздатним, якщо нероботоздатна хоча б одна із систем.

Нехай об'єкт має n систем, роботоздатність кожної із яких можна оцінити за ступенем наближення x до граничного значення y . Визначимо критерій для оцінки рівня роботоздатності складного об'єкта.

Розглянемо вектор $\bar{X} = (x_1, \dots, x_n)$ — функцію роботоздатності об'єкта. Співставимо вектору \bar{X} число $R(\bar{X})$ таким чином, щоб виконувались умови: $R(\bar{X}) > 0$ і зростає до ∞ при $\bar{X} \rightarrow \bar{Y} = (y_1, \dots, y_n)$, де \bar{Y} — граничний вектор. Якщо хоча б одна із складових $x_i \rightarrow y_i$, то $R(\bar{X}) \rightarrow \infty$. Ваговий коефіцієнт кожної системи пропорційно впливає на величину $R(\bar{X})$.

Визначимо залежність $R(\bar{X}) = F(x_i, y_i)$. Для цього розглянемо число $N_i(x)$:

$$N_1(\bar{X}) = \left(\sum_{i=1}^n a_i |x_i - y_i|^{p_i} \right)^{\frac{1}{p}},$$

де $p > 1$ – довільне число, $a_i > 0$ – ваговий коефіцієнт впливу x_i .

$$N_2(\bar{X}) = \left(\sum_{i=1}^n a_i |x_i - y_i|^{p_i} \right)^{\frac{n}{(p_1 + \dots + p_n)}}.$$

Якщо $p = p_i$, то при всіх « i » значення

$$N_1(\bar{X}) = N_2(\bar{X}).$$

Коли $p = 1$ $N_1(\bar{X}) = \sum_{i=1}^n a_i |x_i - y_i|$; при $p = 2$ $N_1(\bar{X}) = \sqrt{\sum_{i=1}^n a_i |x_i - y_i|^2}$.

Визначимо добуток

$$Z(\bar{X}) = \prod_{i=1}^n |x_i - y_i|^{g_i},$$

де $g_i > 0$ – довільне число, яке вибирається так, щоб виконувались умови відносно $R(\bar{X})$.

Величину $R(\bar{X})$ будемо визначати як

$$R(\bar{X}) = [N_i(\bar{X})]^{\pm 1} / [Z(\bar{X})]^\alpha,$$

де $i = 1$ або 2 ; $\alpha > 0$ – довільне число.

Якщо $p = 1$, $g_i = 1/(n-1)$, $\alpha > 1$, то

$$R(\bar{X}) = \sum_{i=1}^n a_i |x_i - y_i| / \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n |x_i - y_i|^\alpha}. \tag{1}$$

Вираз (1) має властивість, що при $x_i \rightarrow y_i$ порядок чисельника при наближенні до нуля нижче, ніж порядок знаменника і $R(\bar{X})$ буде перетворюватись у ∞ зі швидкістю $v = 1/n^{\alpha \left(\frac{n}{n-1}\right)}$, а при $\alpha = 1$ зі швидкістю $v = 1/n^{\left(\frac{n}{n-1}\right)}$.

В загальному випадку роботоздатність об'єкта можна оцінити як

$$H(\bar{X}) = 1/R(\bar{X}).$$

Дійсно, якщо в якості \bar{Y} вибрати вектор, що характеризує сукупність визначених недопустимих значень y_i і показників x_i , і умовою втрати роботоздатності об'єкта вважати досягнення хоча б одним із показників значення y_i , то величина $H(\bar{X})$ буде змінюватись при зміні $\{x_i\}$ від H_{\max} до 0 (при $x_i = y_i$), характеризуючи рівень роботоздатності об'єкта.

В тих випадках, коли структура об'єкта дозволяє здійснювати оцінку роботоздатності диференційно, системи можуть бути розділені на підсистеми, роботоздатність яких характеризується своїми показниками, то роботоздатність об'єкта можна оцінити тим же показником $H(\bar{X})$. При цьому вектор \bar{X} розбивається на l векторів, виходячи з числа підсистем

$$\bar{X} = \left[(x_1, \dots, x_r), (x_{r_1+1}, \dots, x_{r_2}), \dots, (x_{r_{l-1}}, \dots, x_{r_l}) \right].$$

Для кожного із векторів x_i можна внести, вибравши найбільш вигідне значення коефіцієнтів у виразі (1), своє число $R(\bar{X}_i)$. Роботоздатність об'єкта буде оцінюватись сукупністю чисел $R(\bar{X}_1) \dots R(\bar{X}_l)$.

В якості вагових коефіцієнтів a_i у виразі (1) можуть бути використані в залежності від діагностичної моделі значення кореневих чутливостей або чутливостей різних показників x_i до

змін, які відбуваються в об'єкті. Якщо в якості діагностичної моделі використовується характеристичне рівняння, а в якості складових x_i розглядаються його коефіцієнти, то їх вага a_i може бути оцінена, виходячи із ступеню впливу на рішення задачі.

Правильність такої оцінки ваги x_i можна довести наступним чином. Нехай маємо алгебраїчне рівняння:

$$z^n + a_1 z^{n-1} + \dots + a_{n-1} z + a_n = 0. \quad (2)$$

Введемо елементарні симетричні функції коренів поліномів:

$$\begin{aligned} \sigma_1(z_1, \dots, z_n) &= z_1 + z_2 + \dots + z_n; \\ \sigma_2(z_1, \dots, z_n) &= z_1 z_2 + z_2 z_3 + \dots + z_{n-1} z_n; \\ \sigma_3(z_1, \dots, z_n) &= z_1 z_2 z_3 + z_2 z_3 z_4 + \dots + z_{n-2} z_{n-1} z_n; \\ &\dots \dots \dots \\ \sigma_{n-1}(z_1, \dots, z_n) &= z_1 z_2 \dots z_{n-1} + \dots + z_2 z_3 \dots z_n; \\ \sigma_n(z_1, \dots, z_n) &= z_1 z_2 \dots z_n. \end{aligned}$$

Використовуючи узагальнену теорему Вієта для (2) справедливі рівності $|a_i| = |\sigma_i|$ для всіх $i = 1, 2 \dots n$. Впорядкувавши σ_i за величиною модуля $|\sigma_i|$, можна тим самим повністю впорядкувати коефіцієнти рівняння (2), приписавши їм вагу, яка дорівнює $|a_i|$, у відповідності з впливом на систему коренів $z_1, \dots z_n$.

Недоліком даного методу є лише те, що при несправності хоча б одного із елементів $R(\bar{X}) \rightarrow \infty$, тобто об'єкт є нероботоздатним. В дійсності ж він здатен виконувати основну функцію, тому потрібно давати оцінку впливу окремих змінних на роботоздатність об'єкта в цілому і відкинути ті, які мало впливають, або ж попередньо спростити діагностичну модель.

Висновки

В статті розглянуто метод визначення роботоздатності складного об'єкта, який полягає у визначенні та ранжуванні за ступенем впливу на роботоздатність відносних чутливостей параметрів об'єкта до змін в його стані.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Пархоменко П. П. Основы технической диагностики (Оптимизация алгоритмов диагностирования, аппаратные средства) / П. П. Пархоменко, Е. С. Согомонян; под ред. П. П. Пархоменко. — М: Энергия, 1981 — 320 с.
2. Кутін В. М. Визначення умов працездатності ізоляції в розподільних мережах напругою 6 — 10 кВ / В. М. Кутін, С. В. Матвієнко // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. — 2003. — № 1. — С. 34—37.
3. Кутін В. М. Система контролю працездатності ізоляції розподільної мережі напругою 6 — 10 кВ / В. М. Кутін, С. В. Матвієнко // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. — 2005. — Вип. 8. — С. 120—123.

Рекомендована кафедрою комп'ютерних систем управління

Надійшла до редакції 21.10.08
Рекомендована до друку 20.11.08

Кутін Василь Михайлович — професор, **Луцяк Віталій Васильович** — аспірант

Кафедра електричних станцій та систем, Вінницький національний технічний університет

Матвієнко Сергій Валерійович — інженер.

ВАТ «АК Вінницяобленерго»