

УДК 621.316

В. М. Кутін, д. т. н., доц.

## МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРІОДИЧНОСТІ КОНТРОЛЮ І ДОПУСТИМИХ ВЕЛИЧИН ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ СИСТЕМ ДІАГНОСТУВАННЯ

Для визначення технічного стану (ТС) об'єкту використовують два класи контрольних операцій: вимірювання параметрів ТС елементів об'єкта або інтегральних параметрів вищого рівня, ніж елемент з метою наступного співставлення їх величин з допустимими; виявлення несправностей агрегатів, каналів, блоків — контроль несправності. Тому, крім розроблення методів і засобів діагностування, необхідно знати оптимальні показники керування за прийнятим критерієм оптимальності для обох класів контрольних операцій. Зокрема, під час вимірювання параметрів визначають граничне значення параметрів  $\xi_r$ , допустимі значення параметрів  $\xi_d$ ; періодичність контролю  $t_k$ ; у разі пошуку несправностей — періодичність  $t_k$  контролю наявності конкретних несправностей.

Достатньо детально розроблені методи визначення керувальних показників  $\xi_d$  і  $t_k$  коли відомі реалізації параметра технічного стану для суміжних циклів контролю [1, 2].

В статті розглядається методика визначення періодичності контролю несправностей  $t_k$  за відсутності реалізацій діагностичного параметра — за статистичними оцінками функції відновлення.

Спочатку розглянемо як впливає періодичність профілактичних дій на їх ефективність за такою моделлю. Нехай в експлуатації знаходиться  $k$  однакових елементів обладнання, наприклад, ізоляторів на повітряній ЛЕП, які одночасно були введені в роботу. У разі пошкодження одного з них він замінюється новим, тобто  $k = \text{const}$ . З часом під дією зовнішніх факторів або помилок персоналу виникають дефекти ізоляції. Якщо вважати, що умови експлуатації не змінюються, то середня кількість дефектів в ізоляції  $\sigma$ , що виникають за одиницю часу і віднесених до одного ізолятора буде постійною. Після того як з'явився дефект, час роботи ізолятора до пробою скоротиться до  $t_0$ , і є випадковою величиною з функцією розподілу  $F(t_0)$ . Надалі будемо вважати, що методи контролю безпомилково визначають дефектний ізолятор.

З прийнятими допущеннями за інтервал часу від  $t$  до  $t + \Delta t$  у  $k$  ізоляторів виникне  $dk = \sigma k dt$  дефектів. Ізолятори з дефектом ізоляції, для яких  $t_0 \leq (t_k - t)$  будуть пошкоджені з ймовірністю  $F(t_k - t)$ , а тому кількість дефектів, що за  $dt$  перейдуть у відмову ізолятора буде  $dk' = \sigma k F(t_k - t)$ . Тоді загальна кількість відмов за  $t_k$

$$k' = \sigma k \int_0^{t_k} F(t_k - t) dt = \sigma k \int_0^{t_k} F(t) dt.$$

Враховуючи те, що за час  $t_k$  кількість дефектних ізоляторів в середньому буде  $k_d = \sigma k t_k$  і  $k'$  з них викликають відмову, а усі інші  $k_3$  ізоляторів будуть замінені новими, ефективність періодичності контролю, тобто доля своєчасно виявлених дефектних ізоляторів буде

$$\frac{k_3}{k_d} = \frac{k_d - k'}{k_d} = 1 - F(t_k) + \frac{1}{t_k} \int_0^{t_k} t f_0(t) dt, \quad (1)$$

де  $f_0(t)$  — щільність розподілу  $t_0$ .

Із рівняння (1) видно, що із збільшенням  $t_k$  ефективність періодичного контролю зменшується. Визначимо тепер питомі витрати у разі контролю несправності з постійним інтервалом часу

$$C = [C_d + k''(t_k)C_0 + P(t_k)C_n] / t_k, \quad (2)$$

де  $C_d, C_0, C_n$  — витрати відповідно на контроль наявності несправності, усунення відмови та несправності;  $k''(t_k)$  — середня кількість відмов в інтервалі  $(0, t_k)$ ;  $P(t_k)$  — ймовірність того, що до моменту контролю несправність уже виникла.

Для визначення  $P(t_k)$  скористаємося відомими із теорії відновлення альтернувальними процесами. Правомірність такого підходу можна обґрунтувати тим, що поетапний розвиток відмови розглядається як відмова з двома складовими елементами, де виконується визначена послідовність їх заміни. У разі відмови першого виду елемента він замінюється другим. Відмова першого елемента є несправністю, а другого — відмовою елемента. Використавши перетворення Лапласа можна записати

$$P(t_k) = k(t_k) - k''(t_k),$$

де  $k(t_k)$  — середня кількість дефектів в ізоляторах, що виникають в інтервалі  $(0, t_k)$ .

Тоді

$$C = \frac{C_d + k''(t_k)(C_0 - C_n) + C_n k(t_k)}{t_k}. \quad (3)$$

Для знаходження оптимальної величини  $t_k$  необхідно визначити екстремум функції (3). Так як рівняння є нелінійним, то задачу доцільно вирішувати за допомогою ЕОМ за відомими способами. Наприклад [3], за даними експлуатації отримують статистичні оцінки функції відновлення в точках і представляють їх у вигляді рівнянь параболічної регресії з ортогональними поліномами Чебишева. Тоді розв'язання задачі зводимо до пошуку коренів полінома деякого ступеня в залежності від потрібної точності розв'язання задачі. Корінь, для якого рівняння (3) має абсолютний мінімум, є оптимальною величиною.

### Висновки

Запропоновано метод і математичну модель, аналіз якої дозволяє знайти оптимальну періодичність контролю технічного стану елемента за статистичним оцінкам функції відновлення.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Михайлин В. М. Прогнозирование технического состояния машин. — М.: Колос, 1976. — 287 с.
2. Основы технической диагностики / В. В. Карибский, П. П. Пархоменко, Е. С. Согомоян, В. Ф. Халчев // Под ред. П. П. Пархоменко. — М.: Энергия, 1976. — 464 с.
3. Гнеденко Б. В., Беляев Ю. К., Соловьев А. Д. Математические методы в теории надежности. — М.: Наука, 1965. — 524 с.

Рекомендована кафедрою електричних станцій та систем

Надійшла до редакції 4.02.03  
Рекомендована до друку 23.02.03

**Кутін Василь Михайлович** — професор кафедри електричних станцій та систем.  
Вінницький національний технічний університет