

3.Щербак Я.В. Замкнутые системы компенсации неканонических гармоник полупроводниковых преобразователей. – Харьков: Транспорт Украины, 1999. – 255 с.

Получено 08.12.2010

УДК 543.428

Д.Ю.ЗУБЕНКО, канд. техн. наук

Харківська національна академія міського господарства

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ РУХОМОГО СКЛАДУ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ

Розглянуто проблеми коригування системи контролю технічного стану рухомого складу міського електротранспорту при його технічному обслуговуванні і ремонті на основі побудови математичної моделі залежності появи дефекту від напрацювання.

Рассмотрены проблемы корректировки системы контроля технического состояния подвижного состава городского электротранспорта при его техническом обслуживании и ремонте на основе построения математической модели зависимости появления дефекта от наработки.

The problems of technical condition monitoring systems adjustment of the municipal electric rolling stock at its maintenance and repair based on the mathematical model of the relation between the operating time and the occurrence of defects have been investigated.

Ключові слова: контроль технічного стану, ремонт рухомого складу, математична модель.

Система контролю технічного стану (ТС) рухомого складу електротранспорту (РС) передбачає встановлення початкових інтервалів контролю виробником та їх узгодження відповідними органами державного регулювання. Інтервали повторного контролю повинні базуватись на досвіді експлуатації і враховувати границі допустимості пошкоджень [1].

Втомні пошкодження необхідно виявляти з достатньою вірогідністю для визначених розмірів пошкоджень з урахуванням докладного логічного аналізу конструкції і пошкоджень. В системі обґрунтовано використовуються вибіркові огляди, програми яких розробляються на базі статистичних даних.

Організація робіт по діагностуванню і контролю при технічному обслуговуванні (ТО) і ремонті АТ здійснюється, наприклад, згідно з технічними вимогами, що розроблюються державним органом [2]. Відповідно до вимог основними завданнями системи контролю є не тільки встановлення місця і причини відмови, але й прогнозування технічного стану та вдосконалення системи експлуатації [2], що передбачає зміни періодичності обслуговування і контролю.

Важливим є встановлення єдиного підходу при використанні методів і засобів контролю РС. Це питання актуальне з появою технічних умов на виявлення пошкоджень на мікро і субмікрорівні в конструкціях з підвищеним рівнем надійності.

Мета даної статті – розглянути проблеми коригування системи контролю технічного стану рухомого складу міського електротранспорту при її технічному обслуговуванні і ремонті на основі побудови математичної моделі залежності появи дефекту від напрацювання.

Роботи із забезпечення контролю та оцінки технічного стану є складовою завдань і функцій цеху з діагностування і контролю підприємств [3-5].

Інформація, що збирається, використовується для формування пропозицій відносно подальшої експлуатації. Така інформація може бути використана для коригування системи технічного обслуговування і ремонту. Найбільш обґрунтовано коригування системи проводиться при детальному аналізі статистичної інформації. Статистична інформація про пошкодження є основою для прийняття рішень про досконалість прийнятої системи, якщо аналізується небезпека пошкоджень.

Більшість залежностей потоку дефектів (або їх сумарних розмірів) від напрацювання мають типовий розподіл, що характеризується наявністю декількох пікових значень, які періодично повторюються [6, 7].

Для здійснення більш докладного аналізу використовуємо найбільш типову залежність числа дефектів:

$$f(x+a) = \frac{1}{\alpha} f_1(x) + \frac{1}{\beta} f_2(x) + \frac{1}{\gamma} f_3(x) + \frac{1}{\delta} f_4(x) + \frac{1}{\varepsilon} f_5(x), \quad (1)$$

де $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon$ – деякі числа, що показують, в скільки разів зменшується амплітуда показників дефектів.

Для отримання аналогічної залежності у від x використаємо пакет математичних програм „Mathcad-2001” [3].

Наведемо фрагмент ком’ютерної програми для отримання відповідної формули кожного з п’яти сплайнів.

Введемо координати базових точок першого сплайну (data) та компоненти апроксимуючої функції $F(x)$. Для зручності зменшимо значення часу наробок деталей та вузлів АТ у 1000 разів. Таким чином, робимо заміну $x=0,001 t$, де t – реальна кількість годин:

Spline 1

$$\text{data} := \begin{bmatrix} 1,2511 \\ 1,320 \\ 1,4830 \\ 1,6840 \\ 1,7550 \\ 1,8560 \\ 265 \\ 2,1267 \end{bmatrix} \quad F(x) := \begin{bmatrix} 1 \\ x \\ x^2 \\ x^3 \\ x^4 \\ x^5 \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Перший стовпчик матриці *data* складається з абсцис базових точок, другий – з відповідних ординат, що в даній програмі записуються у вигляді:

$$X := \text{data}^0, \quad Y := \text{data}^1. \quad (3)$$

Отримаємо коефіцієнти апроксимуючої функції:

$$S = \begin{bmatrix} -35935,14 \\ 107666,93 \\ -127775,55 \\ 75081,82 \\ -21834,43 \\ 2514,54 \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Таким чином, перший сплайн має аналітичний вигляд:

$$f_1(t) := -35935,14 + 107666,93x - 127775,55x^2 + 75081,82x^3 - 21834,43x^4 + 2514,54x^5. \quad (5)$$

Для отримання залежності в реальному часі після заміни $x=0,001t$ отримаємо

$$f_1(t) := -35935,14 + 107,66t - 0,12t^2 + 7,50 \cdot 10^{-5}t^3 - 2,18 \cdot 10^{-8}t^4 + 2,5 \cdot 10^{-12}t^5. \quad (6)$$

Аналогічно для другого сплайну маємо:

Spline 2

$$\text{Data} := \begin{bmatrix} 2,12 & 67 \\ 2,23 & 60 \\ 2,25 & 50 \\ 2,265 & 40 \\ 2,28 & 30 \\ 2,3 & 20 \\ 2,35 & 10 \\ 2,4 & 6 \\ 2,48 & 4 \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$\text{F}(x) := \begin{bmatrix} 1 \\ x \\ \sin(x) \\ x^2 \\ x^3 \\ x^4 \\ x^5 \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$X := \text{data}^0, \quad Y := \text{data}^1 \quad (9)$$

$$f_2(x) := 1756998434,35 + 5028129054,77x - 9658128380,36 \sin(x) + 5065617315,00^2 - 4534897861,01x^3 + 919383337,98x^4 - 53892515,63x^5. \quad (10)$$

В реальному часі залежність має вигляд:

$$f_2(t) := 1756998434,35 + 5028129,05t - 9658128380,36 \sin(0,001t) + 5065,61t^2 - 4,53t^3 + 9,19 \cdot 10^{-4}t^4 - 5,38 \cdot 10^{-8}t^5. \quad (11)$$

Аналогічно отримаємо аналітичний вираз для наступних сплайнів:

Spline 3

$$\text{Data} := \begin{bmatrix} 2,484 \\ 2,557 \\ 2,610 \\ 2,717 \\ 2,7520 \\ 2,823 \\ 3,0530 \end{bmatrix}, \quad (12)$$

$$F(x) := \begin{bmatrix} 1 \\ x \\ \sin(x) \\ x^2 \\ x^3 \end{bmatrix}, \quad (13)$$

$$f_3(x) := 49303,26 - 101049,75x + 26983,22 \sin(x) + 40763,5180x^2 - 4326,07x^3. \quad (14)$$

В реальному часі маємо залежність

$$f_3(t) = 49303,26 - 101,04t + 26983,22 \sin(0,001t) + 0,04t^2 - 4,32 \cdot 10^{-6}t^3. \quad (15)$$

Spline 4

$$f_4(x) = 931,34 - 707,09x - 153,38 \cos(x) + 136,61x^2 - 5,93x^3. \quad (16)$$

В реальному часі маємо залежність

$$f_4(t) := 931,34 - 707,09t - 153,38 \cos(0,001t) + 1,36 \cdot 10^{-4}t^2 - 5,93 \cdot 10^{-9}t^3. \quad (17)$$

Spline 5

$$f_5(x) := -64131,15 + 71882,19x - 33290,06x^2 + 8153,29x^3 - 1113,75x^4 + 80,46x^5 - 2,40x^6. \quad (18)$$

В реальному часі маємо залежність

$$f(t) := -64131,15 + 71,88t - 0,03t^2 + 8,15 \cdot 10^{-6}t^3 - 1,11 \cdot 10^{-9}t^4 - 8,04 \cdot 10^{-14}t^5 - 2,40 \cdot 10^{-18}x^6. \quad (19)$$

Для отримання значень $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon$ треба провести перші перевірки і за формулою (4), де $f_1(x), f_2(x), f_3(x), f_4(x), f_5(x)$ – аналітичні записи сплайнів (1)-(5), розв'язати це рівняння відносно α . Але

найбільш оптимальним методом отримання значення параметру часу α буде розглядання окремо кожного сплайну і розв'язання відносно α рівняння вигляду:

$$y_0 I - f_i(x_0 + \alpha), \quad (20)$$

де x_0 – конкретний термін часу; α – зсув у часі (в годинах) головного і наступних контролів працездатності деталей та вузлів АТ; γ_0 – бажана кількість дефектів.

Висновки

1. Отримані залежності кількісних характеристик пошкоджень елементів конструкцій від напрацювання мають періодичний коливальний характер.

2. Для обробки залежностей найбільш придатний метод розподілу на сплайни, що дозволяє з необхідною точністю моделювати окремі складові залежності.

3. Отримані варіанти вирішення рівнянь для сплайнів дозволяють розраховувати дані для коригування систем контролю конструкцій по прийнятому рівню появи пошкоджень.

1.Руководство по разработке программ технического обслуживания для авиакомпаний и изготовителей авиатехники. – MSG-3. Изд.: Ассоц. возд. трансп. Америки, 1993. – 43 с.

2.Дьяконов В. MatCat-2001 / Спецправ. – СПб.: Питер, 2002. – 832 с.

3.Джост П. Трибология – истоки и перспективы (доклад). Мировые достижения в области трибологии // Трение и износ. – 1996. – Т.7. №4. – С.593-603.

4.Дякин С.И. Опыт повышения надежности и ресурса узлов трения с использованием металлоплакирующих смазочных материалов // Эффект безызносности и триботехнологии. – 1994. – № 3-4. – С.3-9.

5.Ефимов А.Б., Дроздов Ю.Н., Наумова Н.М. Математическое моделирование контактного взаимодействия в цилиндрической опоре скольжения // Трение и износ. – 1988. – Т.9. №2. – С.223-230.

6.Зайцев В.О. Удосконалення технології контролю та діагностування гільз циліндрів тепловозних дизелів: Дис. ... канд. техн. наук. – Харків, 2001. – 156 с.

7.Когаев В.П., Дроздов Ю.Н. Прочность и износостойкость деталей машин. – М.: Выш. шк., 1991. – 319 с.

Отримано 02.11.2010