

УДК 623.004.67

С.С. Черняєва, А.М. Науменко

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

МЕТОДИ ОЦІНКИ ТОЧНОСТІ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕННЯ, ОЦІНКИ І КОНТРОЛЮ НАДІЙНОСТІ ДАТЧИКІВ

У статті розроблені методи оцінки точності моделей, які використовуються при дослідженнях, оцінці і контролі надійності датчиків на характерних стадіях її створення і виробництва. На основі декомпозиційного підходу отримано співвідношення, що характеризує точність дискретного представлення оцінки точності моделі.

Ключові слова: надійність, датчик, підконтрольна ділянка, контрольні точки, вірогідність, безвідмовне функціонування датчика.

Вступ

Постановка задачі. Надійність датчиків є одним з основних показників якості. Датчики відносяться до невідновних пристроїв, тому їх надійність характеризує вірогідністю не виходу зі строю за час зберігання та виконання завдання. Датчик повинен мати міцність і діяти довше чим агрегат, у якому він встановлений. З точки зору надійності датчики розглядають у двох аспектах: метрологічному та практичному. Тому питання оцінки і контролю надійності датчиків є актуальними для промисловості в Україні.

Аналіз літератури. В літературі [1 – 5] розроблені методи оцінки точності моделей та оцінка і контроль надійності датчиків апаратури на характерних стадіях її створення та виробництва. Також приведені математичні розрахунки безвідмовного функціонування датчиків, похибки дискретного усереднювання. В літературі [1] розглянуті питання дослідження точності моделей надійності виходячи з аналізу кількісної оцінки \hat{P} імовірності безвідмовного функціонування P як окремо взятого датчика, так і деякої сукупності датчикової апаратури, що забезпечує роботу виробу. В літературі [2] описується надійність складних систем, та вказується залежність оцінки імовірності від конкретних значень P . З літератури [3] були взяті чисельні розрахунки показників надійності.

У літературі [4] методи оцінки точності моделей та оцінка і контроль надійності датчиків апаратури на характерних стадіях її створення та виробництва. В літературі [5] висвітлено проектування, виготовлення та діагностування датчиків.

Але в цих джерелах не описані питання, які пов'язані з розробкою методів оцінки точності моделей, що використовуються для оцінки і контролю надійності датчиків.

Мета статті. Розробити методи оцінки точності моделей, які використовуються для оцінки та контролю надійності датчиків.

Основний матеріал

Питання дослідження точності моделей надійності можна розглядати, не втрачаючи спільності підходу, наприклад, виходячи з аналізу кількісної оцінки \hat{P} імовірності безвідмовного функціонування P як окремо взятого датчика, так і деякої сукупності датчикової апаратури, що забезпечує роботу виробу [1]. При цьому очевидно, що величина точкової оцінки \hat{P} залежить від конкретних значень P_i ($i = 1, K$; K – число даних вузлів і елементів датчика, розрахункових випадків, умов безвідмовності, контрольних точок на підконтрольних ділянках) [2]. Базуючись на декомпозиційному підході, необхідні викладення можна провести на прикладі аналізу механічної складової імовірності P безвідмовного функціонування окремо взятого датчика [1 – 3]. При цьому розглядатимемо деякий його "найслабкіший" вузол, а у ньому підконтрольну ділянку L і показну множину контрольних точок N на цій ділянці. Математично імовірність P безвідмовного функціонування датчика можна представити як векторну величину наступного виду:

$$P(L) = [P_1(L_1), P_2(L_2), \dots, P_N(L_N)], \quad (1)$$

де $P_j(L_j)$ – вірогідність недосягнення граничного стану виробу при його функціонуванні в j -й контрольній точці ($j = \overline{1, N}$; N – кількість контрольних точок) на підконтрольній ділянці довжиною L [3].

У загальному виді імовірність $P(L)$ безвідмовного функціонування датчика, що представляє собою деякий функціонал от виразу (1), можна записати у формі середнього значення:

$$\bar{P}(L) = \frac{1}{L_N - L_1} \int_{L_1}^{L_N} \varphi[P(L)] d\varphi, \quad (2)$$

де $\bar{P}(L)$ – середнє значення імовірності безвідмовного функціонування датчика на даній ділянці довжиною L ; $\varphi[P(L)]$ – функція, що представляє со-

бою поточне значення імовірності недосягнення граничного стану виробу (вузла, елемента, датчика) на деякій підконтрольній ділянці L.

Поточне значення імовірності P(L) безвідмовного функціонування датчика можна пов'язати з деякими визначальними параметрами z_{ij} співвідношеннями виду:

$$P_j(L_j) = \varphi(z_{ij}); \quad (3)$$

$$i = \overline{1, M}; \quad (4)$$

$$j = \overline{1, N}, \quad (5)$$

де M – кількість параметрів; N – кількість контрольних точок, у яких вичислюються відповідні імовірності $P_j(L_j)$. Ці співвідношення у багатьох практичних випадках опиняються не лінійними у робочих діапазонах зміни вірогідності $P_j(L_j)$. Тому найбільш ефективний метод опосередкування імовірностей можна привести до розрахункового значення $P_j(L_j + \Delta_j)$ в j-х контрольних точках L_j та знаходження оцінки середнього значення:

$$\bar{P} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N P_j(L_j + \Delta_j); \quad (6)$$

$$N = \frac{L}{\Delta}; \quad \Delta = \frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N \Delta_j,$$

де N – кількість контрольних точок на проведеній (нормованій) контрольній ділянці довжиною L.

Позначимо через \bar{E} , \bar{E}_δ оператори відповідно неперервного та дискретного усереднювань виду (2) та (6). Тоді похибка дискретного усереднювання δ отримується у результаті використання оператора \bar{E}_δ до функції $\varphi[\bar{P}]$, тобто:

$$\delta = \bar{P}(L) - \bar{P} = \bar{E}_\delta \varphi[\bar{P}]. \quad (7)$$

Розкладемо у ряд Тейлора функцію $\varphi[\bar{P}]$ в околиці середньої точки на інтервалі [0–1]:

$$\begin{aligned} \varphi[\bar{P}] &= \sum_{j=1}^N \frac{\partial \varphi(\bar{P})}{\partial L_j} (L_j - \bar{L}_j) + \\ &+ \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^M \frac{\partial^2 \varphi(\bar{P})}{\partial L_i \partial L_j} (L_i - \bar{L}_i)(L_j - \bar{L}_j) + \dots \end{aligned} \quad (8)$$

Звичайно, оператор \bar{E}_δ є лінійним. Застосувавши його до співвідношення (8), отримаємо вираз для похибки δ (7) у наступному вигляді:

$$\begin{aligned} \delta &= \delta_1 + \delta_2 + \dots = \sum_{j=1}^N \frac{\partial \varphi(\bar{P})}{\partial L_j} \bar{E}_\delta (L_j - \bar{L}_j) + \\ &+ \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^M \frac{\partial^2 \varphi(\bar{P})}{\partial L_i \partial L_j} (L_i - \bar{L}_i)(L_j - \bar{L}_j) + \dots \end{aligned} \quad (9)$$

У виразі (9) визначним є перше додатне число. Ця обставина дозволяє використовувати його у якості оцінки першого наближення для похибки δ . Друге додатне число характеризує точність цієї оцінки. Похибки δ та δ є випадковими величинами з нульовим математичним очікуванням [5]. Точність дискретного представлення при усередненні імовірності \bar{P} можна оцінювати квадратом середнє квадратичної похибки:

$$\delta_1^2 = \sum_{j=1}^N \left(\frac{\partial \varphi(\bar{P})}{\partial L_j} \right)^2 \bar{E}_\delta (L_j - \bar{L}_j)^2. \quad (10)$$

Вираз $\bar{E}_\delta (L_j - \bar{L}_j)^2$ є середнім квадратом похибки імовірності $P_j(L_j)$ в j-й контрольній точці. У відповідності до роботи і уявленням теорії вірогідності [4] він може бути виражений як:

$$\bar{E}_\delta (L_j - \bar{L}_j)^2 = \frac{\sigma_{P_j}^2}{N^2}. \quad (11)$$

Тоді з обліком виразів (10) та (11) отримуємо:

$$\delta_1^2 = \frac{1}{N^2} \sum_{j=1}^N \left(\frac{\partial \varphi(\bar{P})}{\partial L_j} \right)^2 \sigma_{P_j}^2. \quad (12)$$

Висновки

1 У статті розроблені методи оцінки точності моделей, які використовуються при дослідженнях, оцінці та контролі надійності датчиків на характерних стадіях її створення і виробництва.

2 На основі декомпозиційного підходу отримано співвідношення, яке характеризує точність дискретного представлення оцінки точності моделі.

3 Розроблені методи оцінки похибки імовірності $P_j(L_j)$ в j-й контрольній точці.

Список літератури

1. Плойд Д. Надежность / Д. Плойд, М. Липов. – М.: Советское радио, 1964. – 50 с.
2. Червоный А.А. Надежность сложных систем / А.А. Червоный, В.Н. Лукьяшенко, Л.В. Котин. – М.: Машиностроение, 1976. – 290 с.
3. Статистические задачи обработки системы и таблицы для числовых расчетов показателей надежности / Р.С. Судаков, Н.А. Северцев, В.Н. Титулов, Ю.М. Честноков. – М.: Машиностроение, 1975 – 360 с.
4. Вентицель Е.С., Теория вероятности и ее инженерные приложения / Е.С. Вентицель, Л.А. Овчаров. – М.: Наука, 1988. – 480 с.
5. Михайлов П.Г. Микроэлектронные датчики, проектирование, изготовление, диагностика. учебное пособие / П.Г. Михайлов, Е.Ф. Белоусов. – Пенза: ПГУ, 2011. – 240 с.

Надійшла до редколегії 27.10.2011

Рецензент: д-р техн. наук, доцент В.Б. Кононов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

**МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ,
ОЦЕНКИ И КОНТРОЛЯ НАДЕЖНОСТИ ДАТЧИКОВ**

С.С. Черняева, А.Н. Науменко

Разработаны методы оценки точности моделей, используемых в задачах исследования, оценки и контроля надежности датчиков аппаратуры на характерных стадиях ее создания и производства. На основе декомпозиционного подхода получено соотношение, характеризующее точность дискретного представления оценки точности модели.

Ключевые слова: надежность, датчик, подконтрольный участок, контрольные точки, достоверность, безотказное функционирование датчика.

**METHODS ESTIMATION EXACTNESS MODELS FOR TASKS RESEARCH,
ESTIMATION CONTROL RELIABILITY SENSORS**

S.S. Chernyaeva, A.M. Naymenko

The methods of estimation of exactness of models, in-use in the tasks of research, estimation and control of reliability of sensors of apparatus are developed on the characteristic stages of its creation and production. On the basis of decoupling approach correlation, characterizing exactness of discrete presentation of estimation of model exactness, is got.

Keywords: reliability, sensor, podkontrol'nyy area, control points, authenticity, faultless functioning of sensor.