

УДК.006.91.019.

К.Н. Маловик, А.В. Юдин

Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности, Украина

ОЦЕНИВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ НАСТУПЛЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ОТКАЗОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ

Получены аналитические выражения для описания вероятности наступления метрологических отказов измерительных каналов. Показанные аналитические зависимости позволяют оценить вероятности наступления метрологических отказов. Предложенный подход дает возможность прогнозировать технический ресурс измерительных каналов.

Ключевые слова: метрологический отказ, метрологическая надежность, измерительный канал.

В работе рассматривается метрологическая надежность (МН) измерительных каналов (ИК). МН характеризует способность ИК сохранять установленный уровень метрологических характеристик $\Delta_i(t)$, где $i = 1 \dots n$, в допустимых пределах в течение требуемого времени t при заданных режимах и условиях работы. Критерием МН, в данном случае является сохранение условия работоспособности, т.е. отсутствие метрологического отказа (МО). Метрологическим отказом ИК называется, выход метрологических характеристик из установленных допустимых границ [1].

Количественной мерой МН является вероятность того, что все МХ не выйдут за допустимые пределы в течение требуемого времени t . Необходимость оценивать вероятностные параметры порождает неопределенность в измерениях [2]. В данном случае оценивается вероятность постепенного изменения МХ с целью определения их способности вызвать МО. В дальнейшем рассматриваются изменения МХ – $\Delta_i(t)$, подразумевая, что может быть рассмотрена любая МХ. Выполнение подобного оценивания является сложной и мало исследованной задачей, при решении которой дополнительные затруднения вызывает недостаток информации о процессах изменения метрологических характеристик ИК. Поскольку процесс постепенных изменений характеристик МН представляет собой случайный про-

цесс, множество его реализаций может быть охарактеризовано некоторым законом распределения плотности вероятности $\varphi(\Delta_i)$ при фиксированном значении времени t [3]. Как показывают исследования, в большинстве случаев износные отказы в достаточной степени описываются нормальным законом распределения [4]. Поэтому можно допустить, что изменение МХ в процессе эксплуатации ИК также будет подчиняться нормальному закону.

Особенностью оценивания метрологической надежности является выявление тренда (*англ. – проявлять тенденцию, отклоняться*) МХ, как было показано авторами [5]. Для получения возможности прогнозировать момент наступления МО, предлагается, варьировать квантильными границами [1], с целью получения некоторой плотности распределения $\varphi(MX)$, характеризующей исследуемую метрологическую характеристику ИК в фиксированный момент времени t как показано на рис. 1.

Тогда появляется возможность оценить тенденцию к наступлению МО, определив вероятность постепенных изменений МХ, характеризующуюся значением P_p в фиксированный момент времени t_{pi} , кроме того появляется возможность прогнозирования технического ресурса ИК путем определения вероятности характеризующейся значением P_d в момент времени t_{dj} .

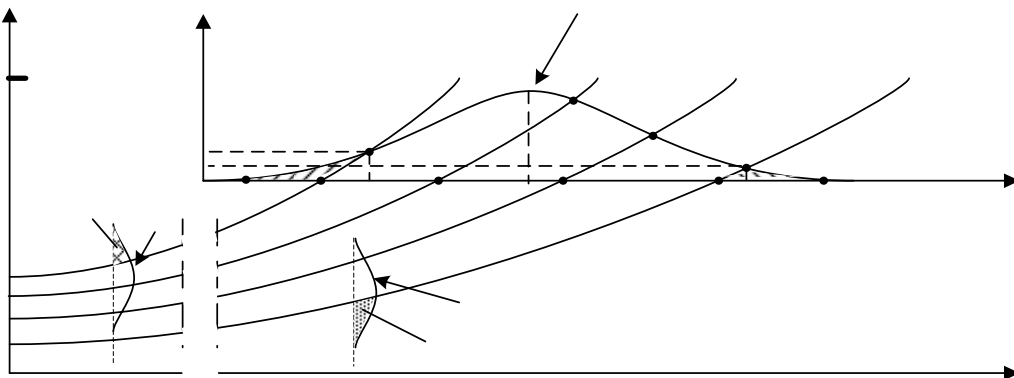


Рис. 1. Оценивание вероятности наступления метрологического отказа

На рис. 1 прийняті наступні позначення: $KB1...KBK$ – квантильні межі; P_p – ймовірність, що характеризує наближення до метрологічного відмову; P_d – ймовірність, що характеризує відхилення від метрологічного відмову; φ_p – густина розподілу, що характеризує придатність в фіксований момент часу t_{pi} ; φ_d – густина розподілу, що характеризує довговічність в фіксований момент часу t_{dj} ; t_{pi} – моменти часу коли необхідно контролювати придатність; t_{dj} – моменти часу коли необхідно контролювати довговічність; $n1...nK$ – точки перетину квантильних меж з осью MX ; $\varphi1... \varphiK$ – точки перетину квантильних меж з густиною розподілу $\varphi(MX)$; m – математичне сподівання; $\sigma1 \sigma K$, v – точки рівні $\pm 3\sigma$ (СКО) відповідно; MX_{pr} – граничне значення метрологічної характеристики.

Загальна площа під кривою $\varphi(MX)$ дорівнює одиниці, деякий ділянку площі під цією кривою обмежені точками σ_1, p_1, φ_1 визначає ймовірність наближення до метрологічного відмову (ділянку придатності), а ділянку під кривою обмежені точками p_k, φ_k, σ_k визначає ймовірність відхилення від метрологічного відмову (ділянку довговічності). Таким чином отримані фігури довільної форми з боків $\sigma_1 p_1, \sigma_1 \varphi_1, p_1 \varphi_1$ для ймовірності P_p , і $p_k \sigma_k, p_k \varphi_k, \varphi_k \sigma_k$ для ймовірності P_d . Позначимо $p_1 \varphi_1$ через a_1 , $\sigma_1 p_1$ через b_1 , і $p_k \varphi_k$ через a_k , $p_k \sigma_k$ через b_k . Координати точок φ_1 і φ_k будуть $MX_1 \varphi(MX)_1$ і $MX_k \varphi(MX)_k$ відповідно.

В загальному вигляді обчислення ймовірностей P_p і P_d може бути виконано за формулою [6]

$$P_p = \frac{\rho^2}{\pi a_1 b_1} \iint_S e^{-\rho^2 \left(\frac{MX_1^2 + \varphi(MX)_1^2}{a_1^2 + b_1^2} \right)} \cdot dMX_1 \cdot d\varphi(MX)_1; \quad (1)$$

$$P_d = \frac{\rho^2}{\pi a_k b_k} \iint_S e^{-\rho^2 \left(\frac{MX_k^2 + \varphi(MX)_k^2}{a_k^2 + b_k^2} \right)} \cdot dMX_k \cdot d\varphi(MX)_k; \quad (2)$$

де ρ – добуток з міри точності на середню помилку в законі нормального розподілу.

Обчислення ймовірностей P_p, P_d за формулами (1), (2) може бути виконано шляхом графічного

інтегрування, за допомогою спеціальних сіток, побудованих за законом нормального розподілу ймовірностей на площині [6].

Обчислення ймовірностей P_p і P_d дозволяє отримати можливість проектувати процес динамічного контролю метрологічної надійності вимірних каналів [7].

Висновок

Отримані аналітичні залежності, що дозволяють оцінити тенденції змін ймовірностей настання метрологічних відмов вимірних каналів.

Пропозиції

1. Аналітичні вирази можна використовувати для виявлення тренду метрологічних характеристик вимірних каналів, що дозволяє прогнозувати їх технічний ресурс.

2. Пропозиційний підхід дозволяє проектувати процес динамічного контролю метрологічної надійності вимірних каналів.

Список літератури

1. Сергеев А.Г., Крохин В.В. Метрология: Учеб. пособие для вузов. – М.: Логос, 2001. – 408 с.
2. Захаров И.П., Кукуш В.Д. Теория неопределенности в измерениях: Учеб. пособие. – Х.: Консум, 2002. – 256 с.
3. Венцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1969. – 576 с.
4. Базовский И. Надежность. Теория и практика / Пер. с англ. Ю.Г. Епишина и А.М. Лившиц; Под ред. Б.Р. Левина. – М.: Мир, 1965. – 460 с.
5. Маловик К.Н., Юдин А.В. Оценивание постепенных изменений характеристик надежности элементов измерительных каналов // II-я Международная конференция «Стратегия качества в промышленности и образовании», 2-9 июня 2006 г. – Варна. – 2006. – Т. 1. – С. 201-204.
6. Унковский В.А. Теория вероятностей. – М.: Военно-морское издательство, 1953. – 360 с.
7. Маловик К.Н. Контроль качества и надежность: Учеб.-метод. пособие. – Севастополь: СТУЭИП, 2003. – 324 с.

Поступила в редакцию 6.05.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю.П. Мачехин, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

ОЦІНЮВАННЯ ВІРОГІДНОСТІ НАСТУПУ МЕТРОЛОГІЧНИХ ВІДМОВ ВИМІРЮВАЛЬНИХ КАНАЛІВ

Маловік К.М., Юдін А.В.

Отримані аналітичні вирази для опису вірогідності настання метрологічних відмов вимірних каналів. Показані аналітичні залежності дозволяють оцінити вірогідність настання метрологічних відмов. Запропонований підхід дає можливість прогнозувати технічний ресурс вимірних каналів.

Ключові слова: метрологічна відмова, метрологічна надійність, вимірний канал.

EVALUATION OF PROBABILITY OF OFFENSIVE METROLOGICAL REFUSALS OF MEASUREMENTS CHANNELS

Malovik K.N., Yudin A.V.

Analytical expressions are got for description of probability of offensive of metrological refusals of measurements channels. The shown analytical dependences allow to estimate probabilities of offensive of metrological refusals. Offered approach possibility to forecast the technical resource of measurements channels gives.

Keywords: metrological refusal, metrological reliability, measuring channel.