

Олександр Васілевський (Вінниця)

ОЦІНКА ІНТЕРВАЛУ МІЖ МЕТРОЛОГІЧНИМИ ПЕРЕВІРКАМИ
ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАНЬ

Метрологічною відмовою називають вихід метрологічних характеристик засобів вимірювань (ЗВ) за межі встановлених норм. Метрологічна надійність ЗВ встановлюється експериментальним шляхом, в ході випробувань ЗВ на метрологічну надійність. Для випробувань відбирається n ЗВ конкретного типу. У кожного конкретного екземпляра ЗВ визначаються індивідуальні значення метрологічних характеристик, а потім закони розподілу цих значень та їх числові характеристики. Для більшості ЗВ сумарний закон розподілу ймовірності досліджуваної метрологічної характеристики є нормальним. Оцінку середнього значення ймовірності можна визначити за формулою

$$\bar{q}_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} q_i}{n_1}. \quad (1)$$

Її дисперсію можна оцінити за формулою

$$S_{q_1}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} (q_i - \bar{q}_1)^2}{n_1 - 1}. \quad (2)$$

При правильному нормуванні середнє арифметичне значення має збігатися з номінальним значення досліджуваної метрологічної характеристики, а максимальні та мінімальні межі, в яких повинна знаходитись конкретна метрологічна характеристики будь-якого ЗВ даного типу, встановлюються симетричними номінальному значенню [1-3].

Для практичних розрахунків пропонується використати спрощену методику визначення інтервалу між метрологічними перевірками, який розраховується за формулою [3]

$$T_{МП} = \frac{\ln(1 - Q_M(t))}{\ln P_M(t)}, \quad (3)$$

де $P_M(t)$ – метрологічна вірогідність безвідмовної роботи; $Q_M(t)$ – вірогідність метрологічної відмови за час між перевірками, що визначається за встановленими довідниковими значеннями (табл. 1).

Таблиця 1 - Значення допустимих вірогідностей метрологічної відмови

Для ЗВ, що використовуються при	Значення допустимої ймовірності метрологічної відмови
технічних вимірюваннях	0,2 ... 0,1
передачі інформації про розмір одиниці	0,15 ... 0,005
особливо важливих та відповідальних вимірюваннях	0,003 ... 0,001

Як показує досвід [1-4], в матеріалах розробників ЗВ, поданих на випробування з метою затвердження типу, часто відсутня достовірна інформація про нестабільність ЗВ, що необхідна для обґрунтованого присвоєння первинного інтервалу між метрологічними перевірками ЗВ. У цих випадках для його орієнтовної оцінки можна скористатися нормованими значеннями показників надійності, що вказані в технічних умовах на ЗВ.

Якщо вдається визначити, хоча б орієнтовно, середню частку q метрологічних відмов в загальному потоці відмов ЗВ, то оцінюють вірогідність роботи ЗВ без метрологічних відмов $P_M(t)$ за час (напрацювання) t за формулою

$$P_M(t) = 1 - q[1 - P(t)], \quad (4)$$

де $P(t)$ – вірогідність безвідмовної роботи ЗВ (технічна) за час напрацювання t [4].

Якщо середню частку метрологічних відмов q визначити не вдається, то приймають $P_M(t) = P(t)$.

На підставі матеріалів, наданих на випробування, визначають СКВ σ_0 розподілу похибки градуювання ЗВ (або комбіновану невизначеність u_c) при випуску з виробництва, межу σ_H допустимої похибки ЗВ (або розширену невизначеність вимірювання U_N), що пронормована в технічних умовах (ТУ), межу σ_E допустимої похибки ЗВ (або розширену невизначеність вимірювання U_E) в реальних умовах експлуатації.

Встановлюють відповідно до критеріїв значення вірогідності метрологічної справності $P_{м.с.}$ чи довірчої вірогідності P .

Як критерії при встановленні інтервалу між метрологічними перевірками слід вибирати показники метрологічної надійності або стабільності ЗВ. Вид критерію визначається способом метрологічної перевірки ЗВ.

При метрологічній перевірці, що полягає у встановленні дійсних значень ЗВ або його градуюванні, критерієм є межа допустимих значень довірчих меж (розширена невизначеність) нестабільності ЗВ за інтервал між перевірками (калібруванням) при заданій довірчій вірогідності P .

При метрологічній перевірці (калібруванні), що полягає у визначенні придатності до застосування ЗВ за критерієм стабільності (із забракуванням екземплярів, зміна дійсних значень або градуювальної характеристики яких за міжкалібрувальний інтервал перевищує встановлену межу допустимої нестабільності) та подальшому встановленні його дійсного значення. В такому випадку показником метрологічної надійності є межа допустимих значень вірогідності метрологічної справності ЗВ в момент повірки $P_{м.с.}$.

При метрологічній перевірці, що полягає у визначенні придатності до застосування ЗВ за критерієм точності (із забракуванням екземплярів, дійсні значення характеристик похибок яких перевищують встановлені межі допустимих значень), показником метрологічної надійності також є вірогідність метрологічної справності $P_{м.с.}$.

В припущенні про симетричність закону розподілу похибок (невизначеностей) оцінити міжкалібрувальний інтервал T_1 можна за формулою

$$T_1 = t \frac{\ln\left(\frac{\Delta_E}{\lambda_P \sigma_0}\right)}{\ln\left(\frac{\Delta_H}{\lambda_{P_{м.с.}(t)} \sigma_0}\right)} = t \frac{\ln\left(\frac{U_E}{\lambda_P u_c}\right)}{\ln\left(\frac{U_N}{\lambda_{P_{м.с.}(t)} u_c}\right)}, \quad (5)$$

де λ_P – коефіцієнт нормального розподілу, що відповідає ймовірності $P(t)$ або $P_M(t)$; $\lambda_{P_{м.с.}(t)}$ – коефіцієнт нормального розподілу, що відповідає вірогідності метрологічної справності $P_{м.с.}$.

Прийнявши припущення про те, що випадковий процес зміни в часі похибки (невизначеності) ЗВ полягає в лінійній зміні середнього значення похибки (за сукупністю ЗВ даного типу) при незмінному СКВ розподілу похибки σ , оцінку міжкалібрувального інтервалу T_2 можна визначити за формулою

$$T_2 = t \frac{\Delta_E - \lambda_P \sigma_0}{\Delta_H - \lambda_{P_{м.с.}(t)} \sigma_0} = t \frac{U_E - \lambda_P u_c}{U_N - \lambda_{P_{м.с.}(t)} u_c}. \quad (6)$$

За знайденими міжкалібрувальними інтервалами T_1 і T_2 пропонується встановити первинний міжкалібрувальний інтервал ЗВ прийнявши його рівним мінімальному значенню між значеннями T_1 і T_2 , тобто

$$T = \min[T_1, T_2]. \quad (7)$$

Висновки. На основі нормованих показників метрологічної надійності ЗВ запропоновано математичні моделі для встановлення (коригування) міжкалібрувального інтервалу ЗВ.

Література

1. Васілевський О. М. Статистичні методи виявлення систематичних похибок вимірювань // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2012. – № 1. – С. 9 – 12.
2. Vasilevskiy O. M. Calibration method to assess the accuracy of measurement devices using the theory of uncertainty // International Journal of Metrology and Quality Engineering. – 2014. – Vol. 5. – Num. 4. – DOI: 10.1051/ijmqe/2014017.
3. Васілевський О. М. Методика визначення міжповірочного інтервалу засобів вимірювання на основі концепції невизначеності // Технічна електродинаміка. – 2014. – № 6. – С. 81 – 88.
4. Васілевський О. М. Нормування показників метрологічної надійності // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2011. – № 4. – С. 9 – 13.