

КОРРЕКТИРОВКА МЕЖПОВЕРОЧНЫХ ИНТЕРВАЛОВ СРЕДСТВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ИХ НАДЕЖНОСТИ НА ОСНОВЕ МЕТОДА КОНТРОЛЬНЫХ ПРО- ВЕРОК

д.т.н., проф. В.Н. Чинков, А.Е. Мельниченко

Сформулированы типовые задачи и приведены методики корректировки межповерочных интервалов средств измерительной техники, основанные на методе их контрольных проверок по показателям надежности этих средств.

Постановка проблемы. Межповерочный интервал (МПИ) является важнейшей характеристикой средств измерительной техники (СИТ), так как он определяет периодичность обязательных проверок (или калибровок) СИТ в процессе их эксплуатации [1]. Поэтому проблему задания и корректировки МПИ СИТ относят к наиболее актуальным в области метрологического обслуживания СИТ [2, 3].

Анализ литературы. Решению научных задач задания и корректировки МПИ СИТ посвящено множество работ, в частности [4, 5]. Однако эти и другие работы требуют большого объема статистической информации и не позволяют проводить корректировку МПИ СИТ по их текущему состоянию. Такой метод корректировки МПИ СИТ предложен авторами в [6]. Он основан на проведении промежуточных (дополнительных) контрольных проверок СИТ в течение МПИ.

Цель статьи заключается в разработке методик корректировки МПИ СИТ, с использованием метода их промежуточных контрольных проверок, по основным показателям надежности СИТ – минимально допустимым значениям вероятности безотказной работы P_0 и коэффициента готовности k_r .

Основная часть. В данной статье сформулированы типовые практические задачи корректировки МПИ в процессе эксплуатации СИТ и приведены методики их решения на основе метода контрольных проверок. При этом в качестве показателей надежности СИТ приняты вероятность безотказной работы $P(t)$ и коэффициент готовности СИТ k_r [7, 8]:

$$P(t) = \exp(-\lambda_0 t - \beta t^2); \quad (1)$$

$$k_r = T/(T + t_n), \quad (2)$$

где λ_0 – интенсивность отказов СИТ; β – численный параметр; T – МПИ СИТ; t_n – время простоя СИТ, отводимое на их проверку и восстановление.

Рассмотрим три типовые задачи корректировки МПИ СИТ.

Задача 1. Известно минимально допустимое значение вероятности безотказной работы P_0 СИТ и число их промежуточных контрольных проверок N . Определить соответствующие этим данным значения МПИ T и коэффициента готовности k_r СИТ.

Методика решения. Момент времени t_0 , когда ожидается выполнение равенства $P(t) = P_0$, можно определить из решения уравнения (1). С точностью до величины второго порядка малости имеем

$$t_0 = -\frac{\ln P_0}{\lambda_0} \left(1 + \frac{\beta \ln P_0}{\lambda_0^2} \right). \quad (3)$$

После первой промежуточной проверки СИТ, которая проводится в момент времени $t_{n1} = t_0$, вероятность безотказной работы проверяемого СИТ возрастает до уровня, определяемого значением $P_1(t_0) = 1 - [1 - P(t)]^2$. При $t > t_0$ вероятность безотказной работы СИТ уменьшается в соответствии с выражением [8]:

$$P_2(t) = P_2(t_0 + \Delta t) = P_1(t_0) \exp [-\lambda_0 \Delta t - 2 \beta t_0 \Delta t - \beta (\Delta t)^2].$$

Тогда для определения времени второй промежуточной проверки СИТ необходимо решить уравнение $P_2(t) = P_0$. Аналогично предыдущему получим

$$\Delta t = -\frac{1}{\lambda_0 + 2\beta t_0} \ln \frac{P_0}{P_1(t_0)} \left[1 + \frac{\beta}{(\lambda_0 + 2\beta t_0)^2} \ln \frac{P_0}{P_1(t_0)} \right]. \quad (4)$$

Из сравнительного анализа выражений (3) и (4) видно, что $\Delta t < t_0$, т.е. время проведения второй промежуточной проверки Δt СИТ меньше времени проведения его первой промежуточной проверки t_0 .

Более того, из выражения (4) следует, что интервал времени $\Delta t_{k, k+1}$ между k -й и $(k+1)$ -й проверками СИТ можно определить по формуле

$$\Delta t_{k, k+1} = -\frac{1}{\lambda_0 + 2\beta t_k} \ln \frac{P_0}{P_1(t_k)} \left[1 + \frac{\beta}{(\lambda_0 + 2\beta t_k)^2} \ln \frac{P_0}{P_1(t_k)} \right], \quad (5)$$

где Δt_k – время проведения $(k+1)$ -й промежуточной проверки СИТ.

Анализируя формулу (5), можно сделать вывод о том, что с увеличением номера промежуточной проверки k ($k = \overline{1, N}$) СИТ интервал между проверками уменьшается, что соответствует физической сути изменения метрологической надежности СИТ. Теперь МПИ находим по формуле

$$T = t_0 + \sum_{k=1}^N \Delta t_{k, k+1}. \quad (6)$$

Коэффициент готовности СИТ определим из выражения (2).

Задача 2. Известны минимально допустимые значения вероятности безотказной работы P_0 и коэффициента готовности k_r СИТ. Определить

межповерочный интервал T и число промежуточных проверок N СИТ.

Методика решения. Выражение для T получим из формулы (2):

$$T = t_n k_r / (1 - k_r). \quad (7)$$

Используя выражение (3), находим время t_0 первой промежуточной проверки СИТ. С помощью формулы (5) последовательно вычислим интервалы времени $\Delta t_{k, k+1}$ между очередными проверками СИТ, а по формуле (6) – время эксплуатации СИТ с момента начала текущего МПИ.

Значение N , при котором впервые выполняется неравенство

$$t_0 + \sum_{k=1}^N \Delta t_{k, k+1} > T$$

определяет число промежуточных контрольных проверок СИТ.

Рассмотрим еще одну методику решения данной задачи. Предположим, что интервалы времени $\Delta t_{k, k+1}$ образуют геометрическую прогрессию

$$\Delta t_{k, k+1} = t_0 \gamma^k, \quad k = \overline{1, N},$$

где γ – численный коэффициент, изменяющийся в пределах $0 < \gamma \leq 1$. Его значение будет уточнено ниже.

Тогда из уравнения (6) получим выражение для МПИ СИТ:

$$T = t_0 + \sum_{k=1}^N t_0 \gamma^k,$$

откуда, используя формулу для суммы геометрической прогрессии, находим

$$T = t_0 \cdot (1 - \gamma^{N+1}) / (1 - \gamma), \quad (8)$$

или окончательно

$$T = t_0 (N+1)(1 - 0,5N\delta), \quad \delta = 1 - \gamma. \quad (9)$$

Решим (9) относительно числа промежуточных проверок N СИТ:

$$N = (1 + 0,5\delta)(T/t_0 - 1) + 0,5\delta(1 + 1,5\delta)(T/t_0 - 1)^2. \quad (10)$$

Формулу (10) можно использовать для непосредственного определения числа промежуточных проверок N СИТ. При этом необходимо учесть ограничения, которые накладываются на значения γ (и δ), если известны значения T и t_0 . Для их определения из формулы (8) найдем

$$\gamma^{N+1} = 1 - T(1 - \gamma)/t_0.$$

Так как $\gamma > 0$, то для любого числа промежуточных проверок N СИТ выполняется соотношение

$$1 - T(1 - \gamma)/t_0 > 0,$$

т.е.

$$1 - \gamma < t_0/T, \quad \text{или} \quad \delta < t_0/T. \quad (11)$$

Задача 3. Заданы значение коэффициента готовности k_r и число промежуточных проверок N СИТ. Определить значение МПИ T СИТ и минимально допустимое значение вероятности безотказной работы P_0 СИТ.

Методика решения. Зная коэффициент готовности k_r и время по-

верки t_n СИТ, используя формулу (7), найдем МПИ Т СИТ. После этого определим время проведения первой промежуточной проверки t_0 из выражения (9), предварительно задав значение δ :

$$t_0 = \frac{T}{(N + 1)(1 - 0,5N\delta)}.$$

Теперь необходимо проверить справедливость соотношения (11). Если оно не выполняется, то значение δ следует увеличить. Зная t_0 , находим значение вероятности безотказной работы P_0 СИТ по формуле (1).

Вывод. Предложенные методики позволяют определять и корректировать МПИ СИТ по их показателям надежности – вероятности безотказной работы и коэффициенту готовности, изменяющимся в процессе эксплуатации СИТ. **Дальнейшие исследования** планируется направить на разработку методик оптимизации МПИ СИТ, основанных на промежуточных контрольных проверках, по комплексным показателям эффективности эксплуатации СИТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. ДСТУ 2682-94. Державна система забезпечення єдності вимірювань. Метрологічне забезпечення. Основні положення. – К.: ДСТУ, 1994. – 16 с.
2. Крещук В.В. Метрологическое обеспечение эксплуатации сложных изделий. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 200 с.
3. Фридман А.Э. Теория метрологической надежности средств измерений // Измерительная техника. – 1991. – № 11. – С. 3 – 10.
4. Блинов А.П. и др. Коррекция МПИ в процессе эксплуатации образцовых средств измерений. // Измерительная техника. – 1990. – № 4. – С. 8 – 10.
5. Белоцерковский В.И., Беляев Б.М., Новиков В.В. Методика определения и корректировки МПИ // Измерительная техника. – 1990. – № 7. – С. 10 – 12.
6. Чинков В.Н., Мельниченко А.Е. Метод корректировки межповерочного интервала средств измерительной техники // Зб. наук. праць НТУ “ХПИ”. Автоматика та приладобудування. – Х.: НТУ “ХПИ”. – 2003. – № 7, т. 3. – С. 181 – 186.
7. Чинков В.Н., Мельниченко А.Е. Методика оптимизации межповерочных интервалов средств измерительной техники при ограниченной информации о их метрологических отказах // СОІ. – Х.: ХВУ. – 2003. – Вып. 6. – С. 107 – 110.
8. Чинков В.Н., Мельниченко А.Е. Метод повышения метрологической надежности средств измерительной техники // Зб. наук. праць НТУ “ХПИ”. Автоматика та приладобудування. – Х.: НТУ “ХПИ”. – 2003. – № 21. – С. 175 – 178.

Поступила 9.01.2004

ЧИНКОВ Виктор Николаевич, доктор технических наук, профессор, профессор Харьковского военного университета. В 1962 году окончил ХПИ. Область научных инте-

ресов – метрологическое обеспечение вооружения и военной техники.

МЕЛЬНИЧЕНКО Александр Евгеньевич, адъюнкт ХВУ. В 1998 году окончил ХВУ. Область научных интересов – метрологическое обеспечение вооружения и военной техники.
