

КРИТЕРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ПОИСКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ В УСТРОЙСТВАХ ДЛИТЕЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

В. М. РАЗИН

(Представлена научным семинаром факультета автоматики и вычислительной техники)

Как известно из литературы [1], средние экономические потери \bar{W}_R в системах обработки дискретной информации центрального значения с непрерывным процессом определяются соотношением

$$\bar{W}_R = \sum_{i=1}^{\alpha} \bar{\lambda}_i \bar{W}_i + \bar{W}_0 = \sum_{i=1}^{\alpha} \bar{\lambda}_i \left[\int p_i(t_n) w(t_n) dt_n + B_i \right] + W_0, \quad (1)$$

где α — число возможных типов отказов;

\bar{W}_i — средние потери на один отказ i -го типа;

$\bar{\lambda}_i$ — средняя интенсивность возникновения отказа i -го типа с учетом времени ремонта;

$p_i(t_n)$ — плотность условной вероятности простоя длительностью t_n при i -ом отказе;

$w(t_n)$ — функция потерь;

B_i — потери, не зависящие от искажений информации, например, потери на ремонт и на устранение происходящих при отказе i -го типа аварий;

W_0 — расходы в единицу времени на техническое обслуживание общего порядка.

Величина $\bar{\lambda}_i$ определяется выражением вида

$$\bar{\lambda}_i = \frac{1}{T_{pi} + t_{ni}}, \quad (2)$$

где T_{pi} — среднее время работы устройства между отказами i -го типа;

t_{ni} — среднее время ремонта i -го отказа. Во многих случаях для систем с непрерывным процессом

$$w(t_n) = A_0 t_n, \quad (3)$$

где A_0 — удельные потери (потери в единицу времени) при простое системы, равные среднему доходу, который давала бы система в случае исправной работы.

Учитывая (3), имеем

$$\bar{W}_R = \sum_{i=1}^{\alpha} \bar{\lambda}_i (A_0 t_{ni} + B_i) + W_0. \quad (4)$$

По аналогии с (4) для всей системы в целом напишем

$$\bar{W}_R = \Lambda_c (A_0 t_{\text{п}} + B) + W_0, \quad (5)$$

где $\Lambda_c = \sum_{i=1}^{\alpha} \bar{\lambda}_i$ — средняя интенсивность отказов всей системы

с учетом времени ремонта;

$t_{\text{п}}$ — среднее время ремонта на один отказ.

По аналогии с (2) получим

$$\Lambda_c = \frac{1}{T_p + t_{\text{п}}}, \quad (6)$$

где T_p — среднее время работы всего устройства между соседними отказами.

С учетом (6) выражение (5) представим в следующем виде:

$$\bar{W}_R = \frac{1}{T_p + t_{\text{п}}} (A_0 + B) + W_0. \quad (7)$$

Время простоя на ремонт системы $t_{\text{п}}$ представим в виде двух составляющих

$$t_{\text{п}} = t_{\text{от}} + t_y, \quad (8)$$

где $t_{\text{от}}$ — среднее время отыскания неисправного элемента;

t_y — среднее время устранения неисправности.

Среднее время устранения неисправности при блочной конструкции системы сводится в основном к смене неисправного блока на исправный при условии, что запас исправных блоков не ограничен. Величина эта более или менее определена и постоянна.

Что касается затрат времени на отыскание неисправного блока, то эта величина является случайной и зависит от многих факторов: вида и места отказа, принятой системы поиска и локализации неисправности, имеющегося контрольного оборудования и его надежности, уровня квалификации обслуживающего персонала и т. д.

Представляется целесообразным для оценки влияния всей этой совокупности факторов на время простоя ввести специальный коэффициент $K_{\text{эпн}}$ — коэффициент эффективности системы поиска неисправностей. Определим этот коэффициент следующим образом:

$$K_{\text{эпн}} = \frac{t_y}{t_{\text{от}} + t_y} = \frac{t_y}{t_{\text{п}}}. \quad (9)$$

Если отказы обнаруживаются мгновенно, то $t_{\text{от}} = 0$ и $K_{\text{эпн}} = 1$. Если $t_{\text{от}} > 0$, то величина $K_{\text{эпн}}$ будет уменьшаться, таким образом, допустимые пределы изменения $K_{\text{эпн}}$ определяются неравенством

$$0 < K_{\text{эпн}} \leq 1. \quad (10)$$

Используя формулу (9), преобразуем выражение (7) к виду

$$\bar{W}_R = \frac{1}{T_p K_{\text{эпн}} + t_y} (A_0 t_y + B K_{\text{эпн}}) + W_0. \quad (11)$$

В практических случаях

$$B \ll T_p A_0,$$

и величина \bar{W}_R монотонно убывает с увеличением $K_{\text{эпн}}$.

В некоторых практических случаях можно полагать $B \cong 0$ и $\bar{W}_0 \cong 0$. Тогда получим из формулы (7) приближенное соотношение

$$\bar{W}_R \cong A_0 \frac{t_n}{T_p + t_n}, \quad (12)$$

где величина

$$\frac{t_n}{T_p + t_n} = K_n \quad (13)$$

есть не что иное, как коэффициент простоя, т. е. эксплуатационная характеристика, широко применяемая для количественной оценки различных непроизводительных затрат времени [2].

Используя [9], нетрудно получить

$$K_n = \frac{t_y}{K_{эпн} T_p + t_y} \quad (14)$$

В качестве примера рассмотрим применение предложенного критерия эффективности системы поиска неисправностей к электронным цифровым вычислительным машинам (ЭЦВМ) универсального назначения. Если в ЭЦВМ предусмотрен контроль правильности вычислений, то любой отказ приводит к остановке непрерывного процесса вычислений. Из этих соображений ЭЦВМ такого типа можно условно отнести к системам обработки дискретной информации центрального значения [1].

Современные ЭЦВМ имеют очень высокую производительность и, следовательно, большое значение величины A_0 , тогда как параметры B и W_0 невелики. Обследование одной из вычислительных машин типа „Минск-1“ показало, что в течение годичной эксплуатации $T_p = 21,7$ часа, $t_n = 2,7$ часа, $t_y = 0,1$ часа, $B = 5$ руб., $W_0 = 15$ руб./час. Далее, если полагать, что расчеты, не выполненные из-за простоя, делаются вручную при помощи клавишных вычислительных машин, то при приблизительном подсчете $A_0 \cong 1000$ руб./час. На основании формул (9) и (11) получаем $K_{эпн} = 0,037$ и

$$\begin{aligned} \bar{W}_R &= \frac{1}{21,7 \cdot 0,037 + 0,1} (1000 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,037) + 15 \cong 110 + \\ &+ 0,2 + 15 = 125,2 \text{ руб./час.} \end{aligned}$$

Использование ЭЦВМ еще большей производительности еще больше увеличит первое слагаемое, и тогда расчеты можно будет производить по формулам (12) и (14).

Если ЭЦВМ используется в системе автоматического управления производственными процессами, то в этом случае второе слагаемое будет иметь существенное значение и его необходимо принимать в расчет согласно соотношению (11).

В заключение отметим, что для оценки эффективности мероприятий по отысканию неисправностей в отдельных узлах устройства соответствующие коэффициенты $K_{эпн}$ могут быть введены в уравнение (4) по отдельным узлам системы подобно тому, как это было сделано выше для всей системы в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Т. А. Шастова. Критерий средних потерь для оценки надежности систем управления. Автоматика и телемеханика, № 6, 1962.
2. Н. А. Шишонков, В. Ф. Репкин, Л. Л. Барвинский. Основы теории надежности и эксплуатации радиоэлектронной техники, Советское радио, 1964.