

М. И. КУДРЯШОВ
(Ленинград)

О ДОСТОВЕРНОСТИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ ВО ВХОДНЫХ УСТРОЙСТВАХ СИСТЕМ СБОРА И ОБРАБОТКИ

Одним из требований, предъявляемых к системам сбора и обработки информации, является высокая достоверность выходных данных, которая зависит от точности и надежности средств измерений. Надежность средств измерений, в свою очередь, зависит от надежности работы измерительных преобразователей (ИП), входящих в состав системы сбора и обработки информации. Для повышения надежности ИП, а следовательно,

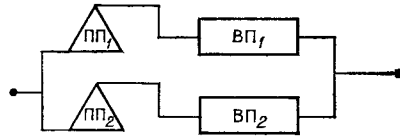


Рис. 1.

и достоверности выходных данных системы сбора и обработки информации ИП иногда резервируют. В этом случае большое значение приобретает возможность обнаружения неисправности ИП. Устройства, служащие этой цели, обычно называют устройствами контроля работоспособности.

Исследуем влияние полноты контроля работоспособности ИП на достоверность выходных данных при условии, что устройства контроля работоспособности ИП не уменьшают их работоспособности.

Под полнотой контроля работоспособности ИП будем понимать отношение параметра потока отказов контролируемой части (ω_k) к общему параметру потока отказов (ω):

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^m \omega_i}{\sum_{i=1}^n \omega_i}, \quad (1)$$

где ω_i — параметр потока отказов i -го элемента; m — количество контролируемых элементов; n — общее количество элементов.

В случае если для всех n элементов параметр потока отказов одинаков, то

$$\eta = \frac{m}{n}. \quad (2)$$

Рассмотрим случай, когда ИП дублированы и отказавший ИП заменяется. Отказом дублированных ИП будем считать отказ обоих ИП (рис. 1). Пусть $\omega = \omega_{пп} + \omega_{вп}$; $\omega_{пп}$ — параметр потока отказов первичного преобразователя (ПП); $\omega_{вп}$ — параметр потока отказов вторичного преобразования (ВП); ω — параметр потока отказов ИП.

Предположим, что только у ИП осуществляется постоянный контроль работоспособности. Тогда полнота контроля ИП

$$\eta = \frac{\omega_{вп}}{\omega}.$$

Обозначим: μ_1 — интенсивность восстановления ПП; μ_2 — интенсивность восстановления ВП; μ — интенсивность восстановления ИП. Тогда $\mu = \mu_1 + \mu_2$ и $\mu_1 = (1 - \alpha)\mu$, $\mu_2 = \alpha\mu$, где $\alpha = \frac{\mu_2}{\mu}$.

Составим граф состояний дублированных ИП [1], где H_0 — все элементы ИП исправны; H_1 — отказ неконтролируемой части ИП₁ (отказ ПП₁ не обнаружен); H_2 — отказ ВП₁ обнаружен устройством; H_3 — отказ неконтролируемой части ИП₂ (отказ ПП₂ не обнаружен); H_4 — отказ ВП₂ обнаружен; H_5 — отказ неконтролируемой части ИП₁ (отказ ПП₁ обнаружен); H_6 — отказ неконтролируемой части ИП₂ (отказ ПП₂ обнаружен); H_7 — отказ ИП₁; H_8 — отказ ИП₂. Для определения вероятностей $P_j(t)$ состояний H_j ($j = 0, 1, \dots, 8$) дублированных ИП используем соотношения для марковских процессов.

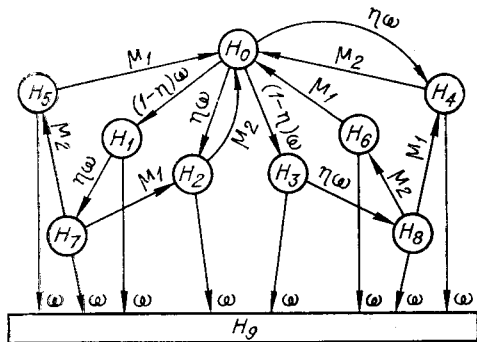


Рис. 2.

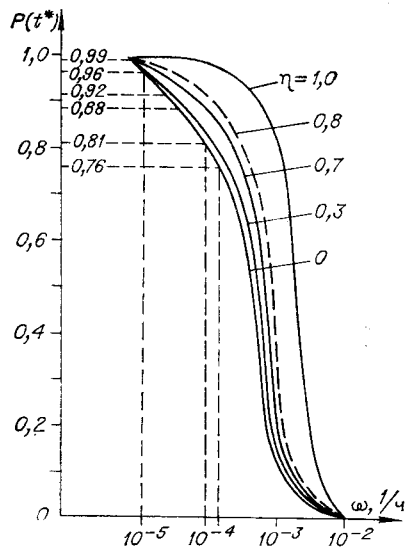


Рис. 3.

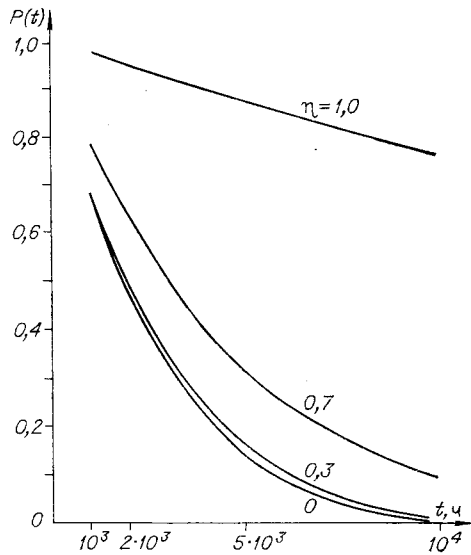


Рис. 4.

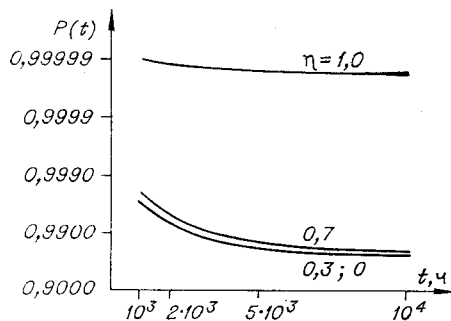


Рис. 5.

На основании графа состояний (рис. 2) составлены дифференциальные уравнения:

$$\begin{aligned} \frac{dP_0(t)}{dt} &= -2\omega P_0(t) + \mu_2 P_2(t) + \mu_2 P_4(t) + \mu_1 P_5(t) + \mu_1 P_6(t); \\ \frac{dP_1(t)}{dt} &= -(1+\eta)\omega P_1(t) + (1-\eta)\omega P_0(t), \\ \frac{dP_2(t)}{dt} &= -(\omega + \mu_2)P_2(t) + \eta\omega P_0(t) + \mu_1 P_7(t); \\ \frac{dP_3(t)}{dt} &= -(1+\eta)\omega P_3(t) + (1-\eta)\omega P_0(t); \\ \frac{dP_4(t)}{dt} &= -(\omega + \mu_2)P_4(t) + \eta\omega P_0(t) + \mu_1 P_8(t); \\ \frac{dP_5(t)}{dt} &= -(\omega + \mu_1)P_5(t) + \mu_2 P_7(t); \\ \frac{dP_6(t)}{dt} &= -(\omega + \mu_1)P_6(t) + \mu_2 P_8(t); \\ \frac{dP_7(t)}{dt} &= -(\omega + \mu_1 + \mu_2)P_7(t) + \eta\omega P_1(t); \\ \frac{dP_8(t)}{dt} &= -(\omega + \mu_1 + \mu_2)P_8(t) + \eta\omega P_3(t). \end{aligned} \quad (3)$$

Решение системы (3) относительно $P(t)$ может быть представлено в виде

$$P_{k+1}(t) = - \sum_{i=0}^{k+1} A_i e^{\gamma_i t}, \quad (4)$$

где γ_i — корни характеристического уравнения.

Величина среднего времени наработки дублированных ИП до отказа (T_{cp}) может быть найдена на основании [2] по формуле

$$T_{cp} = - \sum_{i=0}^{k+1} \frac{1}{\gamma_i}. \quad (5)$$

Теперь вероятность безотказной работы дублированных ИП, определяющая достоверность выходных данных систем сбора и обработки информации, может быть найдена по формуле

$$P(t) = \exp \left\{ - \frac{t}{T_{cp}} \right\}. \quad (6)$$

Решение задачи по определению $P(t)$ производилось на ЭВМ при следующих значениях параметров:

$$\begin{aligned} \eta &= 0,0; \quad 0,3; \quad 0,7; \quad 1,0; \\ \omega &= 10^{-2}; \quad 10^{-3}; \quad 10^{-4}; \quad 10^{-5}; \quad (1/4); \\ \alpha &= 0,0; \quad 0,3; \quad 0,7; \quad 1,0; \\ \mu &= 10; \quad 1,0; \quad 10^{-1}; \quad 10^{-2} \quad (1/4); \\ t &= 10^3; \quad 2 \cdot 10^3; \quad 5 \cdot 10^3; \quad 10^4 \text{ (ч)}. \end{aligned}$$

На рис. 3 показана зависимость $P(t^*)$ от параметра потока отказов ω для различных значений η (при $\alpha=0,7$; $\mu=0,1$; $t^*=5 \cdot 10^3$).

На рис. 4, 5 приведены зависимости $P(t)$ от времени непрерывной работы t для различных значений η при $\omega=10^{-3}$ $1/4$ (см. рис. 4) и $\omega=10^{-5}$ $1/4$ (см. рис. 5).

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. А. Козлов. Резервирование с восстановлением. М., «Советское радио», 1969.
2. Г. Л. Глузман, И. П. Падерно. Надежность установок и систем управления. М.—Л., «Машиностроение», 1966.

Поступило в редакцию 22 августа 1973 г.