

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ УСТРОЙСТВ ШАХТНОЙ АВТОМАТИКИ ПУТЕМ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ С ВОССТАНОВЛЕНИЕМ

Е. Я. Иванченко, А. М. Кащич

Харьков

Существенного повышения надежности устройств шахтной автоматики ответственного назначения, требования к надежности которых особенно высокие, можно достигнуть методом резервирования датчика метана ДМТ-2, наиболее ответственного узла аппаратуры.

Условия эксплуатации анализаторов метана АМТ-2 позволяют проводить восстановление отказавших датчиков, входящих в резервированный. Восстановление производится во время работы последнего, за счет чего достигается дополнительное повышение надежности.

Чтобы оценить влияние восстановления на повышение надежности, рассмотрим датчик метана, резервированный по схеме с кворум-элементом [1]. Такой резервированный датчик состоит из трех одинаковых датчиков ДМТ-2. Работоспособен он в том случае, когда работоспособны два датчика из трех (рис. 1). Если после отказа одного из трех датчиков его отремонтируют до отказа другого, резервированный датчик будет работоспособным. Отказ его зафиксируют лишь в том случае, если до момента отказа одного из датчиков ранее отказавший не был восстановлен. Ясно, что надежность резервированного датчика, с восстановлением зависит от интенсивности восстановления отказавших датчиков.

Для случая, когда время безотказной работы каждого датчика и время его восстановления подчиняются экспоненциальному закону распределения, а восстановление отказавшего датчика начинается непосредственно после отказа, и он включается в работу в момент завершения ремонта, график переходов резервированного датчика из одного состояния в другое представлен на рис. 2.

H_0 , H_1 , H_2 — состояния резервированного датчика при трех исправных датчиках, одном отказавшем и двух отказавших датчиках. Система дифференциальных уравнений, описывающих изменение вероятности безотказной работы такого датчика, имеет следующий вид [2]:

$$\begin{aligned} P'_0(t) &= -3\lambda P_0(t) + \mu P_1(t); \\ P'_1(t) &= 3\lambda P_0(t) - (2\lambda + \mu) P_1(t); \\ P'_2(t) &= 2\lambda P_1(t), \end{aligned} \quad (1)$$

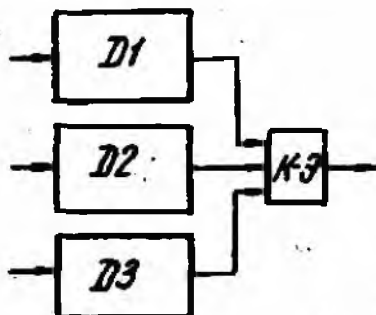


Рис. 1.

Настройка мостовой схемы датчика метана ДМТ-2 чрезвычайно простая операция, затраты времени на которую исчисляются минутами. В этой связи можно считать $P_{\text{проф}}(t_n) = 1$. Тогда вероятность отсутствия ложных срабатываний датчика за время t с учетом профилактических работ

$$P_p(t) = [P(\tau)]^N P(t - N\tau). \quad (3)$$

Переходя к пределу при $\tau \rightarrow 0$ получим $P_p(t) \rightarrow 1$, если

$$-\frac{f(\tau)}{P(\tau)} = \lambda(\tau) \rightarrow 0. \quad (4)$$

Это значит, профилактическими заменами или настройками может быть повышена надежность только тех устройств, интенсивность отказов которых с течением времени возрастает. При $\lambda(t) = \text{const}$ $P_p(t)$ не зависит от t .

Это еще раз подтверждает известное положение теории надежности о том, что при экспоненциальном законе распределения замена работоспособного элемента на новый не повышает его надежности, т. е. надежность элемента не зависит от того, сколько он проработал до момента замены.

По данным лабораторных испытаний анализатора метана АМТ-2, плотность распределения времени до расстройки датчика ДМТ-2 хорошо описывается при помощи α -распределения [3] с параметрами $\alpha = 2,4$; $\beta = 370$ (рис. 1).

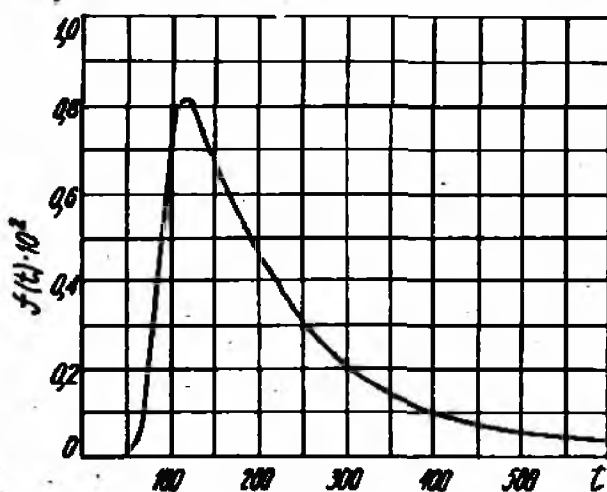


Рис.

$$f(t) = \frac{\beta}{\sqrt{2\pi}t^2} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\beta}{t} - \alpha\right)^2} \quad (5)$$

Из (5) по условию (4) следует, что вероятность отсутствия ложных срабатываний датчика метана из-за расстроек мостовой схемы $P_p(t)$ зависит от периодичности настроек τ и повышается с уменьшением τ . Согласно [2], вероятность отсутствия расстройки схемы датчика за время t может быть определена по формуле

$$P(\tau) = 0,5 + \Phi(s), \quad (6)$$

где $\Phi(s)$ — табулированная функция Гаусса;

$$s = \left(\frac{\theta}{\tau} - 1 \right) \alpha;$$

$$\theta = \frac{4t_m}{\alpha\sqrt{\alpha^2 + 8}} = 153 \text{ ч};$$

t_m — мода распределения времени расстройки мостовой схемы датчика ДМТ-2.

Используя эту зависимость, можно определить максимально допустимую периодичность настроек τ мостовой схемы датчика ДМТ-2, исходя из требуемой вероятности $P_p(t)$.

Например, при требуемой вероятности отсутствия ложных срабатываний датчика ДМТ-2 $P_p(t) = 0,99$ предварительно определяем $0 < \tau_d < 75$, а далее методом последовательных приближений находим

$$\tau_d = 60 \text{ ч.}$$

Следовательно, для выполнения условия $g_n = 0,01$ необходимо настраивать датчик ДМТ-2 через каждые 60 часов работы. Общая надежность датчика метана ДМТ-2 определяется вероятностями отсутствия постепенных P_n и внезапных P_{nn} отказов.

$$P(t) = P_{nn}P_n.$$

Постепенные отказы датчика метана выражаются в превышении допустимой погрешности измерения в результате изнашивания термогрупп и расстройке мостовой схемы датчика, т. е.

$$P_n = P_n P_p.$$

где P_n , P_{nn} — вероятности отсутствия недопустимого изнашивания и расстройки мостовой схемы соответственно.

Повышение надежности датчика следует добиваться за счет повышения P_n и P_p , оказывающих основное влияние на надежность датчика. Из-за малого количества элементов в датчике P_{nn} достаточно высокая величина.

В данной статье рассмотрен вопрос о повышении надежности датчика ДМТ-2 за счет увеличения P_p . Дальнейшее повышение надежности датчика метана может быть достигнуто при увеличении P_n путем прогнозирования надежности термогрупп и их современной замены на новые. Этот вопрос будет рассмотрен отдельно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Е. Я. Иванченко, А. М. Кашнич. Резервирование с кворум-элементом в схемах шахтной автоматики. Сб. «Приборы и системы автоматики», вып. 5, Изд-во ХГУ, 1967.

2. Г. В. Дружинин. О профилактических работах в устройствах автоматики. «Автоматика и телемеханика», 1962, № 5.