

УСЛОВИЯ ДЕЛЕНИЯ СЛОЖНОЙ НЕРЕЗЕРВИРОВАННОЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ НА БЛОКИ С КОНТРОЛИРУЕМОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТЬЮ

В. М. РАЗИН

(Представлена научным семинаром факультета автоматики и вычислительной техники)

При делении сложной радиоэлектронной аппаратуры на блоки с контролируемой работоспособностью существуют условия, при которых обеспечивается наименьшее значение коэффициента простоя [1].

Эти условия определены в [1] для аппаратуры, состоящей из N одинаковых по надежности элементов. Аппаратура разбивается на M контролируемых узлов по N/M элементов в каждом. Число узлов системы контроля предполагается равным числу узлов контролируемой аппаратуры [1, гл. 13, § 3]. Это обстоятельство позволяет одновременно контролировать все узлы аппаратуры, и, естественно, что время отыскания неисправного элемента можно считать обратно пропорциональным числу контролируемых узлов.

Отмеченный способ контроля не всегда является рациональным ввиду значительного объема контролирующего оборудования. В некоторых случаях можно добиться существенного сокращения объема контролирующего оборудования путем использования последовательного способа контроля отдельных узлов. При этом система контроля так же, как и цепи управления, индикации и др., является общей для всего контрольного устройства. Число узлов контролируемой аппаратуры будет в этих условиях влиять в основном на число коммутирующих элементов в системе контролирующей аппаратуры.

Среднее время одного восстановления $t_{\text{в}}$ для рассматриваемого случая целесообразно представить в виде суммы трех слагаемых

$$t_{\text{в}} = \frac{t_{\text{от}}}{M} + Mt_{\text{п}} + t_{\text{у}}, \quad (1)$$

где $t_{\text{от}}$ — среднее время отыскания неисправности при отсутствии системы контроля;

$t_{\text{п}}$ — среднее время, затрачиваемое на проведение проверки работоспособности в одном узле при последовательном соединении N/M элементов;

$t_{\text{у}}$ — среднее время устранения неисправности.

Первое слагаемое в соотношении (1) учитывает то обстоятельство, что время отыскания неисправного элемента в узле будет пропорционально количеству элементов в узле. Второе слагаемое введено в предположении, что для выявления неисправного узла проводится последовательная во времени проверка всех узлов контролируемой аппаратуры.

Таким образом, оба первых слагаемых составляют вместе результирующее время, затрачиваемое на отыскание неисправного элемента при последовательной проверке узлов.

Очевидно, что последовательный способ поиска целесообразно вводить при условии соблюдения неравенства

$$Mt_{\Pi} \leq \frac{t_{от}}{M} \quad \text{или} \quad t_{\Pi} \leq \frac{t_{от}}{M^2},$$

чтобы не увеличивать существенно время поиска неисправностей. Выполнение последнего неравенства возможно в автоматизированных системах контроля.

В дальнейшем будем опираться на те же допущения, что и в [1, гл. 13, § 3], кроме предположения, что время отыскания неисправного элемента обратно пропорционально числу контролируемых узлов. В нашем случае время отыскания неисправного элемента будет определяться суммой первых двух слагаемых в соотношении (1). В соответствии с [1] обозначим:

λ_k — интенсивность отказов одного узла системы контроля, связанного с каждым узлом контролируемой аппаратуры;

Λ_k — интенсивность отказов общих устройств системы контроля;

γ_1 — вероятность того, что отказ узла системы контроля приведет к неправильной информации о неисправном узле аппаратуры;

γ_0 — вероятность того, что отказ общих устройств системы контроля приведет к неправильной информации о неисправной аппаратуре;

$\Lambda = \sum_{i=1}^N \lambda_i$ — интенсивность отказов аппаратуры;

$t_{ук}$ — среднее время отыскания и устранения неисправности системы контроля;

$t_{вс}$ — суммарное время простоя на восстановлении за некоторый период эксплуатации T , в течение которого аппаратура работала время T_p .

Следуя методике, изложенной в работе [1], получим

$$\begin{aligned} \frac{t_{вс}}{T_p} = M [\lambda_k (t_{ук} + \gamma_1 t_{от}) + \Lambda t_{\Pi}] + \lambda_k (1 - \gamma_1) t_{от} + \Lambda_k t_{ук} + \\ + \Lambda_k \gamma_0 t_{от} + \Lambda t_y + \frac{1}{M} [t_{от} \Lambda_k (1 - \gamma_0) + \Lambda t_{от}], \end{aligned} \quad (2)$$

Коэффициент простоя на восстановлении определяется, как обычно, из выражения

$$K_{\Pi} = \frac{t_{вс}}{t_{вс} + T_p} = \frac{1}{1 + \frac{T_p}{t_{вс}}}. \quad (3)$$

Исследование выражения (2) на минимум дает

$$M_{опт} = \sqrt{\frac{t_{от} [\Lambda_k (1 + \gamma_0) + \Lambda]}{\lambda_k (t_{ук} + \gamma_1 t_{от}) + \Lambda t_{\Pi}}}. \quad (4)$$

При числе контролируемых узлов, равном $M_{опт}$, обеспечивается минимальное значение коэффициента простоя и максимальная величина коэффициента готовности.

Подставляя (4) в (2), находим после нескольких несложных преобразований

$$\left(\frac{t_{в\Sigma}}{T_p}\right)_{min} = t_{от} [\Lambda_k \gamma_0 + \lambda_k (1 - \gamma)] + t_{ук} \Lambda_k + t_y \Lambda + 2\sqrt{t_{от} [\Lambda_k (1 - \gamma_0) + \Lambda] [\lambda_k (t_{ук} + \gamma_1 t_{от}) + \Lambda t_{п}]} \quad (5)$$

и минимальное значение коэффициента простоя

$$(K_{п})_{min} = \frac{1}{1 + \left(\frac{T_p}{t_{в\Sigma}}\right)_{max}} \quad (6)$$

Коэффициент простоя без деления на контролируемые узлы определяется следующим образом:

$$K'_{п} = \frac{1}{1 + \frac{1}{\Lambda (t_{от} + t_{п} + t_y)}} \quad (7)$$

Выигрыш при использовании системы контроля при оптимальном числе контролируемых узлов выражается отношением

$$K = \frac{K'_{п}}{(K_{п})_{min}}$$

Полученные расчетные соотношения могут быть упрощены, если учесть, что, как правило, надежность контролирующих устройств значительно превосходит надежность контролируемой аппаратуры, т. е. имеют место неравенства

$$\lambda_k < \Lambda_k \ll \Lambda \quad (8)$$

В этом частном случае соотношения (2), (4) и (5) записываются в следующем виде:

$$\frac{t_{в\Sigma}}{T_p} \cong \Lambda \left(t_y + M t_{п} + \frac{t_{от}}{M} \right), \quad (9)$$

$$M_{opt} \cong \sqrt{\frac{t_{от}}{t_{п}}}, \quad (10)$$

$$\left(\frac{t_{в\Sigma}}{T_p}\right)_{min} \cong \Lambda (t_y + 2\sqrt{t_{от} t_{п}}). \quad (11)$$

Приближенные формулы [9], [10] и [11] позволяют быстро подсчитать с достаточной степенью точности соответствующие величины при разбивке сложной радиоэлектронной системы на контролируемые узлы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. А. Шишенок, В. Ф. Репкин, Л. Л. Барвинский. Основы теории надежности и эксплуатации радиоэлектронной техники, Советское радио, 1964.