

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ НА РАБОТУ СЛОЖНЫХ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Ю. И. Ковалев

Таганрог

При эксплуатации сложных радиотехнических систем (РТС) наблюдается воздействие обслуживающего устройства (автомата, человека) на обслуживаемую систему после каждого акта обслуживания, что приводит к изменению надежности РТС. Под обслуживанием будем понимать весь комплекс мероприятий (профилактические проверки параметров РТС, регулировку, отыскание неисправности, замену неисправных элементов и узлов и другое). Это влияние тем больше, чем хуже качество обслуживания.

Примером может служить замена такого неисправного элемента, как резистор, транзистор или микромодуль. В этом случае замена неисправного элемента в результате действия обслужи-

вающего персонала не проходит без последствий: происходит дополнительный перегрев находящихся рядом элементов, возможны повреждения соединений и элементов и т. д. Таким образом, восстановленный узел не будет обладать той надежностью, которой обладал бы новый.

В этом случае при выходе из строя аппаратуры в результате первичного отказа n элементов (вследствие влияния обслуживающего персонала) в процессе обслуживания возникает дополнительно nk вторичных отказов, что, в свою очередь, может привести к дополнительным nk^2 третичным отказам и т. д. Под коэффициентом k будем понимать среднее значение коэффициента последующего воздействия (коэффициента влияния); для упрощения будем считать его одинаковым в течение всего обслуживания. Полный процесс влияния может быть представлен на рис. 1. Таким образом, при первичном выходе из строя n элементов в результате процесса обслуживания полное количество отказавших элементов

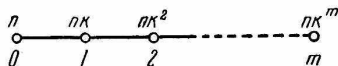


Рис. 1. Последовательность влияния качества обслуживания на отказы элементов.

$$N = n + nk + nk^2 + \dots + nk^m = n \sum_{i=0}^m k^i. \quad (1)$$

В общем случае при $k < 1$ и $m \rightarrow \infty$ на основании работы* выражение (1) может быть записано в виде

$$N = n \frac{1}{1-k}. \quad (2)$$

Среднее значение количества первичных отказов

$$n = \lambda_{0x} t_x + \lambda_0 t, \quad (3)$$

где λ_{0x} и λ_0 — среднее значение интенсивности отказов в отключенном и включенном состояниях;

t_x и t — время эксплуатации РТС в отключенном и включенном состояниях.

Подставляя формулу (3) в выражение (2), получаем

$$N = \frac{\lambda_{0x} t_x + \lambda_0 t}{1-k}. \quad (4)$$

Однако количество отказов может быть выражено через эффективное значение интенсивности отказов. Под послед-

* В. И. Смирнов. Курс высшей математики. Гостехиздат, 1953.

ним понимаем частоту отказов аппаратуры, которая наблюдается при ее эксплуатации с учетом коэффициента k

$$N = \lambda_{\text{э}} t, \quad (5)$$

где $\lambda_{\text{э}}$ — эффективная интенсивность отказов.

Решая совместно уравнения (4) и (5), получаем

$$\lambda_{\text{э}} = \frac{\lambda_{0x} \frac{t_x}{t} + \lambda_0}{1 - k}. \quad (6)$$

Если РТС не является аппаратурой одноразового действия и не находится на консервации или в холодном резерве, $t_x < 10t$ и выражение (6) можно записать в виде

$$\lambda_{\text{э}} = \frac{\lambda_0}{1 - k}. \quad (7)$$

Из выражения (7) видно, что эффективное значение интенсивности отказов зависит от начального среднего значения интенсивности отказов и от качества акта обслуживания.

На рис. 2 приведена гистограмма обслуживания РТС, показывающая изменение $\lambda_{\text{э}}$ после каждого акта обслуживания в моменты времени t_1, t_2, \dots . Для упрощения примем, что время каждого акта обслуживания равно нулю. Тогда эффективное значение интенсивности отказов после каждого акта обслуживания

может быть записано в виде

$$\lambda_{\text{э}1} = \frac{\lambda_0}{1 - k_1}; \quad \lambda_{\text{э}2} = \frac{\lambda_{\text{э}1}}{1 - k_2} = \frac{\lambda_0}{(1 - k_1)(1 - k_2)}; \\ \lambda_{\text{э}i} = \frac{\lambda_{\text{э}(i-1)}}{1 - k_i} = \frac{\lambda_0}{\prod (1 - k_i)}. \quad (8)$$

Если коэффициенты влияния качества обслуживания одинаковы, т. е. $k_1 = k_2 = \dots = k_i = k$, выражение (8) можно записать как

$$\lambda_{\text{э}i} = \frac{\lambda_0}{(1 - k)^i}. \quad (9)$$

Будем считать, что акт обслуживания возникает при каждом отказе одного из элементов аппаратуры РТС. В этом случае $i = N$, и формула (9) с учетом уравнения (4) может быть записана в виде

$$\lambda_{\text{э}N} = \frac{\lambda_0}{(1 - k) \frac{\lambda_{0x} t_x + \lambda_{0t}}{1 - k}}. \quad (10)$$

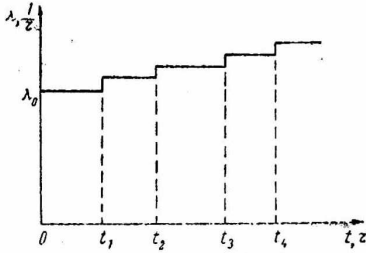


Рис. 2. Гистограмма частоты отказов.

Обозначим $\lambda_0 = \frac{1}{T_0}$ и $\lambda_{\text{э}N} = \frac{1}{T_{\text{э}N}}$. Тогда выражение (10) примет вид

$$T_{\text{э}N} = T_0 (1 - k) \frac{\lambda_{0x} t_x + \lambda_0 t}{1 - k}. \quad (11)$$

Если $t_x < 10t$, то $\lambda_{0x} t_x \ll \lambda_0 t$ и

$$T_{\text{э}N} = T_0 (1 - k)^{\frac{\lambda_0 t}{1 - k}}. \quad (12)$$

Выражения (11) и (12) показывают обобщенный закон изменения среднего значения периода безотказной работы в зависимости от качества обслуживания. Сам коэффициент влияния качества обслуживания зависит от многих факторов и, являясь случайной величиной, может быть определен после набора статистических данных.

Итак, среднее значение периода безотказной работы для сложных РТС в большой степени зависит от качества обслуживания и значительно уменьшается с ухудшением качества обслуживания, что необходимо учитывать при расчетах периодичности контроля, проверок и других регламентных работах.