

УДК 621.431.74.436-52(07)

Донской В. Г.  
ОНМА

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ, ЗАЩИТЫ И РЕЗЕРВИРОВАНИЯ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

Проблема оценки эффективности применения разветвленных систем контроля, защиты и резервирования судовых энергетических установок (СЭУ) возникла сравнительно недавно в связи с интенсивным пополнением флота автоматизированными судами.

Системы контроля, защиты и резервирования не связаны непосредственно с технологическими процессами, а лишь подключаются параллельно к объекту контроля. Наличие их, как в прочем и механика-оператора, не повышает вероятности безотказной работы собственно объекта контроля, а позволяет лишь искусственно принять соответствующие меры по упреждению последствий отказов системы управления или собственных технологических средств, что иногда отождествляется в литературе с надежностью средств контроля, защиты и резервирования. Однако подобное отождествление неправомерно, так как надежность таких средств автоматизации не связана функционально с надежностью средств управления или оборудования СЭУ. Поэтому в литературе дискутируется вопрос об эффективности различных уровней автоматизации СЭУ, в том числе об экономической эффективности применения разветвленных систем контроля, защиты и резервирования с точки зрения надежности объекта в эксплуатации.

Покажем, что потенциально всегда имеется экономический эффект от использования средств контроля, защиты и резервирования, если в функциональном отношении сравнить между собой автоматизированные объекты СЭУ с неавтоматизированными или объекты различных уровней (степеней) автоматизации. Для большей наглядности сравним между собой автоматизированные объекты с неавтоматизированными.

Предварительно рассмотрим возможные виды отказов:

катастрофические отказы, выражающиеся в выходе из строя объекта в целом или его отдельных узлов;

параметрические отказы, или отказы-остановки оборудования, включая вызванные неисправностью средств автоматизации;

отказы средств автоматизации, не вызывающие аварийной остановки объекта.

Обозначим интенсивность катастрофических отказов:  $\lambda_1$ - неавтоматизированного объекта;  $\lambda_2$ - автоматизированного объекта;  $\lambda_3$ - параметрических отказов;  $\lambda_4$ - отказов средств автоматизации.

Допустим поток отказов стационарный. Тогда возможный ущерб для неавтоматизированного  $Y_n$  и автоматизированного  $Y_a$  объектов за время  $t$  составляет:

$$\left. \begin{aligned} Y_n &= \bar{V}_1 \cdot \lambda_1 \cdot t; \\ Y_a &= (\bar{V}_2 \cdot \lambda_2 + \bar{V}_3 \cdot \lambda_3 + \bar{V}_4 \cdot \lambda_{,4}) \cdot t, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где средний материальный ущерб составляет:  $\bar{V}_1$  - при одном катастрофическом отказе неавтоматизированного объекта;  $\bar{V}_2$  - при одном катастрофическом отказе автоматизированного объекта;  $\bar{V}_3$  - при одном параметрическом отказе автоматизированного объекта;  $\bar{V}_4$  - при одном отказе средств автоматизации.

Учитывая, что  $\bar{V}_1 = \bar{V}_2$  (так вполне может случиться), можно записать:

$$Y_a = (\bar{V}_1 \cdot \lambda_2 + \bar{V}_3 \cdot \lambda_3 + \bar{V}_4 \cdot \lambda_{,4}) \cdot t \quad (2).$$

Разность возможных ущербов при введении автоматизации:

$$\Delta Y = Y_n - Y_a. \quad (3)$$

Подставив выражения (1,2) в (3) и сделав преобразования, получим:

$$\Delta Y_a = [\bar{V}_1 \cdot (\lambda_1 - \lambda_2) - \bar{V}_3 \cdot \lambda_3 - \bar{V}_4 \cdot \lambda_{,4}] \cdot t \quad (4).$$

Относительный экономический эффект от использования средств контроля, защиты и резервирования за время  $t$  определяется выражением:

$$\Delta Y_a = [\bar{V}_1 \cdot (\lambda_1 - \lambda_2) + \bar{V}_3 \cdot \lambda_3 + \bar{V}_4 \cdot \lambda_{,4}] \cdot t \quad (5),$$

где  $W_a$  - приведенные годовые затраты на автоматизацию.

В свою очередь:

$$W_a = C_a + E_n \cdot K_a,$$

где  $C_a$  - себестоимость средств автоматизации, включая годовые эксплуатационные расходы;

$K_a$  - капитальные вложения в автоматизацию;

$E_n$  - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Подставив (4) в (5) и приняв  $t=1$  (одному году), получим:

$$\varepsilon = \frac{\bar{Y}_1 \cdot (\lambda_1 - \lambda_2) - \bar{Y}_3 \cdot \lambda_3 - \bar{Y}_4 \cdot \lambda_{,4}}{C_a + E_n \cdot K_a} \quad (6).$$

Покажем, что  $\varepsilon > 0$ , то есть применение средств контроля, защиты и резервирования эффективно и необходимо.

Безотказность (надежность) автоматизированного объекта ниже, чем неавтоматизированного. Тем не менее экономический эффект получается в этом случае за счет перевода катастрофических отказов  $\lambda_2$  в параметрические  $\lambda_3$  (отказы-остановки).

Практика эксплуатации автоматизированных СЭУ показала, что

$$\left. \begin{array}{l} \bar{Y}_1 \gg \bar{Y}_3 \gg \bar{Y}_4 \\ \lambda_1 < \lambda_3 \gg \lambda_4 \end{array} \right\} \quad (7)$$

В соответствии с условием (7) можно записать, что

$$\lim_{\lambda_2 \rightarrow \infty} [\bar{Y}_1 \cdot (\lambda_1 - \lambda_2) - \bar{Y}_3 \cdot \lambda_3 - \bar{Y}_4 \cdot \lambda_{,4}] > 0 \quad (8),$$

а значит согласно (6) величина  $\varepsilon > 0$ , то есть применение средств контроля, защиты и резервирования эффективно и необходимо.

Применение средств контроля, защиты и резервирования предоставляет возможность использования малонадежного, но высокопроизводительного оборудования, а в ряде случаев – осуществления технологических процессов, невыполнимых при их отсутствии. Это основывается на возможности поддержания с помощью указанных средств автоматизации сколь угодно малой положительной разности  $\lambda_1 - \lambda_2$  при любом значении  $\lambda_1$ .