

А.А. Нечай¹
П.Е. Котиков²

A.A. Nechay
P.E. Kotikov

**МЕТОДИКА ПОВЫШЕНИЯ
НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
СИСТЕМ, ОРГАНИЗОВАННЫХ НА
ПЕРЕПРОГРАММИРУЕМЫХ ЭЛЕМЕНТАХ**

**IMPROVING TECHNIQUE FOR RELIABLE
FUNCTIONING OF SYSTEMS USING
REPROGRAMMABLE ELEMENTS**

В данной статье кратко изложена методика повышения надежности сложных систем, в которых используются перепрограммируемые элементы.

Ключевые слова: методика, надежность, система, эффективность, функционирование, перепрограммируемые элементы, интенсивность отказов, восстановление системы.

This article briefly sets out the methodology for improving reliability of complex systems that use reprogrammable elements.

Keywords: methodology, reliability, system efficiency, performance, reprogrammable elements, failure rate, system restore.

С развитием сложных систем, построенных на перепрограммируемых элементах, большое внимание отводится надежности, свойству системы выполнять возложенные на нее функции в заданных условиях функционирования с заданными показателями качества. Работоспособность таких системы или отдельных ее частей нарушается как из-за отказов аппаратуры, выхода из строя элементов или соединений, так и из-за целенаправленных воздействий, которым они могут быть подвержены.

Применительно к системам с перепрограммируемыми элементами проблема обеспечения работоспособности таких систем обозначается особенно остро [1–4].

Важнейшая характеристика надежности – интенсивность отказов, определяющая среднее число отказов за единицу времени. Интенсивность отказов зависит от числа элементов и соединений, составляющих систему. Если любой отказ носит катастрофический характер, т.е. приводит к нарушению работоспособности

системы, то в простейшем рассмотрении интенсивность отказов в системе $\lambda_0 = \sum_{i=1}^n \lambda_i$, где λ_i – интенсивность отказов i -го элемента или соединения, а n – число элементов и соединений в системе. Так, в простом случае, если $\lambda_0 = 10^{-2}$ ч., то в среднем за 100 ч. происходит один отказ. Средний промежуток времени между двумя смежными отказами называется средней наработкой на отказ и равен $T_0 = 1/\lambda_0$. Так, если $\lambda_0 = 10^{-2}$ ч., то наработка на отказ составляет 100 ч. Промежуток времени между отказами – случайные величины со средним значением T_0 , которые для простейшего потока отказов часто принимают распределённым по экспоненциальному закону. Очевидно, вероятность того, что за время t произойдет отказ: $P(t < x) = 1 - e^{-t/T_0}$. Так, если $T_0 = 100$ ч., то вероятность того, что в течение 100 ч. работы системы произойдет отказ, $P(t < x) \approx 0,63$, и с вероятностью 0,63 отказ произойдет за время, большее 100 ч.

Работоспособность системы, нарушенной в результате отказа, восстанавливается путем проведения соответствующих операций. Восстановление состоит в выявлении причины нарушений работоспособности – диагностики системы и в восстановлении работоспособности путем замены некорректно работающего элемента. Промежуток времени, затрачиваемый на

¹ Преподаватель Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург.

² Кандидат технических наук, доцент Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург.

восстановление работоспособности системы, характеризуется временем восстановления. Его длительность зависит от сложности системы, степени совершенства средств диагностики и уровня ремонтпригодности системы. Время восстановления – случайная величина, характеризующаяся в простейшем случае средним значением T_n – средним временем восстановления.

С учетом средней наработки на отказ T_0 и среднего времени восстановления T_B надежность системы характеризуется коэффициентом готовности $K_r = \frac{T_0}{T_0 + T_B}$, определяющим долю времени, в течение которого система работоспособна.

Значение $1 - K_r$ представляет собой долю времени, в течение которого система неработоспособна, ремонтируется. Так, если $K_r = 0,95$, то 95% времени система работоспособна и 5% времени затрачивается на ее ремонт. Кроме того, коэффициент готовности определяет вероятность того, что в произвольный момент времени система работоспособна, а значение $1 - K_r$ – вероятность того, что в этот момент времени система находится в состоянии восстановления.

В нашем случае надежность системы может быть повышена за счет применения методики, позволяющей периодически осуществлять контроль перепрограммируемых элементов, а также своевременно выявлять и устранять ошибки, выявленные в перепрограммируемых элементах. В итоге сократится время, в течение которого система неработоспособна.

Предлагаемая методика состоит из следующих элементов:

- 1) создание контрольных данных;
- 2) проверка через три блока:

- блок проверки последовательности соединений перепрограммируемых элементов (сравнение таблиц смежности);
- блок проверки доступности перепрограммируемых элементов;
- блок проверки содержимого перепрограммируемых элементов (бинарных кодов);

3) принятие решений в связи с результатами проверки.

Общая формула проверки будет выглядеть следующим образом:

$$\left(A_c \begin{bmatrix} 0 & x_{1,2} & x_{1,j} \\ x_{2,1} & 0 & x_{i-1,j} \\ x_{i,1} & x_{i,j-1} & 0 \end{bmatrix} = B_{cc} \begin{bmatrix} 0 & y_{1,2} & y_{i,j} \\ y_{2,1} & 0 & y_{i-1,j} \\ y_{i,1} & y_{i,j-1} & 0 \end{bmatrix} \right) \wedge (A_d [1 \dots z_i] = B_{cd} [1 \dots u_i]) \wedge \left(\sum_{k=1}^n A_k = \sum_{ck=1}^n B_{ck} \right) = 1,$$

где A_c – матрица смежности (соединений) перепрограммируемых элементов;

B_{cc} – матрица контрольной суммы смежности (соединений) перепрограммируемых элементов;

A_d – матрица приватности перепрограммируемых элементов;

B_{cd} – матрица контрольной суммы приватности перепрограммируемых элементов;

A_k – бинарные данные k -го перепрограммируемого элемента;

B_{ck} – контрольная сумма бинарных данных ck -го перепрограммируемого элемента;

n – количество перепрограммируемых элементов.

Сокращенно формулу проверки можно представить так:

$$f(A_c, B_{cc}) \wedge f(A_d, B_{cd}) \wedge f(A_k, B_{ck}) = 1.$$

Применение предложенной методики проверки перепрограммируемых элементов позволяет обеспечить повышение коэффициента готовности с $K_r = 0,95$ до $K_r = 0,99$.

За счет особенности работы методики с процессорным временем потенциальная угроза сможет реализовать свою атаку всего на 33%, так как комплекс будет использовать 67% процессорного времени. Соответственно λ_0 увеличится на 67%, из этого следует, что K_r возрастает и по теоретическим расчетам может превысить прежний коэффициент готовности.

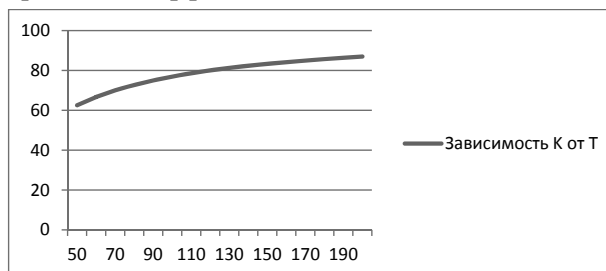


Рис. 1. График зависимости коэффициента готовности от среднего времени наработки на отказ

Согласно проведенным исследованиям и расчетам было выяснено, что, следуя рассмотренной методике, можно повысить надёжность и готовность систем, организованных на перепрограммируемых элементах, что является новой и актуальной задачей практики.

Литература

1. Нечай А.А. Специфика проявления уязвимостей в автоматизированных системах управления критически важными объектами / А.А. Нечай, П.Е. Котиков // Современные тенденции в образовании и науке : сборник научных

трудов по материалам Международной научно-практической конференции : в 14 ч. – Тамбов, 2014. – С. 96–97.

2. Нечай А.А. Специфика проявления уязвимостей программируемых логических интегральных схем, используемых в автоматизированных системах управления критически важными объектами / А.А. Нечай // Экономика и социум. – 2015. – № 1–4 (14). – С. 32–38.

3. Нечай А.А. Применение перепрограммируемых структур в современных информационных решениях / А.А. Нечай, П.Е. Котиков // Научный вестник. – 2014. – № 2 (2). – С. 92–101.

4. Нечай А.А. Контроль сохранности инфор-

мации / А.А. Нечай, П.Е. Котиков // Научный вестник Московского государственного горного университета. – 2014. – № 2. – С. 86.

5. Котиков П.Е. Пространственно-временные представления данных на основе расширения векторного подхода / П.Е. Котиков, А.А. Нечай // Научный альманах. – 2015. – № 7 (9). – С. 691–694.

6. Котиков П.Е. Репликация данных между серверами баз данных в среде геоинформационных систем / П.Е. Котиков, А.А. Нечай // Вестник Российского нового университета. Серия «Сложные системы: модели, анализ и управление». – 2015. – Выпуск 1. – С. 88–91.