

АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГИБКОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ С ИЗБЫТОЧНОСТЬЮ

В. А. Фетисов

Ленинградский институт авиационного приборостроения, СССР

Поступило 28 июня 1988 г.

Представлено проф. д-ром О. Петрик

Abstract

The flexible manufacturing system is being examined as a discrete one under the influence of disturbances which change the technology operation time. The time redundancy is using as a complex method for FMS reliability increasing. The connection between the discrete system failure and the amount of the time — and system — redundancy is showing for the example of Markoff chain failure disturbance.

Гибкие производственные системы (*ГПС*) относятся к категории дискретных систем в связи с дискретностью технологических процессов и системы управления в целом. С увеличением сложности *ГПС* все более существенной становится проблема обеспечения их надежности. В отношении отказов наиболее слабыми звеньями в *ГПС* являются электромеханические устройства (накопители на магнитных лентах и дисках, устройства ввода-вывода, привод обрабатывающих и транспортных модулей и т. д.) [1]. Проблема повышения надежности таких устройств должна решаться, в первую очередь, на основе применения высоконадежных элементов, из которых строится аппаратура. Однако, этот способ не всегда позволяет создавать высоконадежные системы. Как показывает опыт, необходимая надежность сложных дискретных систем может быть достигнута только при использовании различных видов резервирования. Как для гибких производственных систем в целом, так и для их электромеханических подсистем, наиболее употребительным и изученным является структурное резервирование, которое предусматривает использование избыточных элементов. В последнее время все большее распространение получает также временное резервирование, когда системе в процессе функционирования предоставляется возможность израсходовать некоторое время для восстановления ее технических характеристик [2]. При использовании резервирования важно найти аналитическую зависимость характеристик надежности (в

частности, вероятности отказа) дискретной системы от величины введенной структурной и временной избыточности.

Оценку вероятности отказа дискретной системы с избыточностью будем производить в рамках следующей математической модели [3].

Для выполнения задания системе выделено время t_3 . Задание разбивается на m операций с одинаковым временем выполнения Δt .

При выполнении i -го операций ($i = \overline{1, n}$; $n = m + z$) на систему могут действовать возмущения, которые приводят к отказу технологического модуля с помощью которого выполняется данная операция. Будем понимать под состоянием системы наличие ($g_i = 1$) или отсутствие ($g_i = 0$) таких возмущений. Предположим, что последовательность состояний системы образует простую цепь Маркова. Такая модель отказов описывается следующими параметрами: $p(g=0)$, $p(g=1)$ — вероятности наличия и отсутствия отказа в начальный момент времени; $p(g=0/g=0)$, $p(g=1, g=0)$, $p(g=0/g=1)$, $p(g=1/g=0)$ — вероятности перехода системы из одного состояния в другое.

Выполнение и срыв i -ой операции будем обозначать как $y_i = 1$ и $y_i = 0$, соответственно.

Отказом дискретной системы с избыточностью является такое событие, когда из n запланированных операций число невыполненных операций n' будет больше, чем r . Тогда вероятность отказа системы определяется как средняя (по всем последовательностям y^n) вероятность выполнения условия

$$n' = n - \sum_{i=1}^n y_i \geq r + 1 \quad (1)$$

а именно,

$$p_e = p(y^n: n - \sum_{i=1}^n y_i \geq r + 1) = p(y^n: \sum_{i=1}^n y_i \leq m - 1). \quad (2)$$

Можно показать [3], что вероятность p_e ограничена сверху следующей величиной

$$p_e \leq c \cdot e^{-r |\ln \lambda_p|}, \quad (3)$$

где

$$c = e^{(m-1)(\ln \lambda_p + 1)} \cdot \bar{u}_p \cdot (Z \cdot A^{n-1} \cdot Z^{-1}) \cdot \bar{1}^T,$$

$$\bar{u}_p = \{p(g=0) \cdot \sum_y p(y/g=0) \cdot e^{-y}, p(g=1) \cdot \sum_y p(y/g=1) \cdot e^{-y}\},$$

$$M_p = \begin{vmatrix} p(g=0/g=0) \cdot \sum_y p(y/g=0) \cdot e^{-y} & p(g=1/g=0) \cdot \sum_y p(y/g=1) \cdot e^{-y} \\ p(g=0/g=1) \cdot \sum_y p(y/g=0) \cdot e^{-y} & p(g=1/g=1) \cdot \sum_y p(y/g=1) \cdot e^{-y} \end{vmatrix},$$

λ_p — максимальное собственное число матрицы M_p ; Z — диагональная матрица, на главной диагонали которой стоят элементы собственного вектора, соответствующего числу λ_p ; $\bar{1}^T$ — векторстолбец, все элементы которого равны единице; A — некоторая стохастическая матрица; $Y = \{0, 1\}$.

Рассмотрим теперь величину $P(y=1/g=1)$, которая представляет собой вероятность выполнения некоторой операции задания при условии, что на этом этапе отказывает необходимое устройство R . Очевидно, что при отсутствии в системе структурного резервирования, отказ устройства R ведет к срыву соответствующей операции, то есть в этом случае, $P(y=1/g=1)=0$. Введение структурной избыточности дает возможность изменять вероятность $P(y=1/g=1)$, тем самым меняя значение вероятности P_e . Конкретное выражение для вероятности $P(y=1/g=1)$ зависит от схемы включения и от режима работы резервных устройств, а также от кратности резервирования.

Таким образом, приведенные выше формулы определяют аналитическую зависимость вероятности отказа дискретной системы от величины временной и структурной избыточности для случая, когда последовательность отказов отдельных устройств в системе можно представить простой цепью Маркова. На этапе планирования работы такой системы указанная зависимость дает возможность оптимальным образом выбрать соотношение временного и структурного резерва при заданной вероятности отказа системы. Практическим примером рассмотренной модели может служить поштучная обработка партии деталей на обрабатывающем модуле ГПС с заменой забракованной детали из страхового запаса заготовок.

Литература

1. Глазунов Л. П., Грабовецкий В. П., Шербаков О. В.: Основы теории надежности автоматических систем управления. — Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1984.
2. Черкасов Г. Н.: Надежность технических систем с временной избыточностью. — М.: Сов. радио, 1974.
3. Костюнина Г. Н., Фетисов В. А.: Верхняя граница вероятности отказа системы с временной избыточностью. Межвуз. сб. Ленинградский ин-т авиац. приборостр., 1984, вып. 173, Специальные вопросы аэрогазодинамики летательных аппаратов, с. 124—128.

Vlagyimir Andrejevics FETYISZOV, Leningrád, СССР