
МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

К ВОПРОСУ СНИЖЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ, СВЯЗАННЫХ С РАБОТОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

**Т.А. Подружкина, кандидат педагогических наук;
А.Ю. Лабинский, кандидат технических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены особенности разработки надёжных вычислительных систем с целью снижения техногенных рисков, связанных с работой вычислительных систем в составе сложных технических устройств. Рассмотрено комбинированное резервирование как наиболее эффективный способ повышения надёжности вычислительных систем.

Ключевые слова: автомат надёжности, восстанавливающий орган, гибридное резервирование, постоянное резервирование, резервирование замещением, фиксированное резервирование

THE PROBLEM OF DECREASE OF TECHNOLOGICAL RISKS CONNECTED WITH WORK OF THE COMPUTING SYSTEM

T.A. Podrushkina; A.Yu. Labinskiy.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

This article presents the specialty of developments the reliability computing system with target decrease of technological risks. Presents the combined reservation as the effective method raise of the reliability computing system.

Keywords: automatic machine of reliability, organ of restore, hybrid reservation, constant reservation, replacement reservation, fixing reservation

В нашей стране средства электронно-вычислительной техники широко используются при решении сложных и ответственных задач в области энергетики, транспорта, связи, управления. Качество изделий электронно-вычислительной техники, в том числе вычислительных систем (ВС), непосредственно связано с их надёжностью. Вопросы надёжности особенно важны в тех сложных технических устройствах, в которых нарушение работы ВС может привести к авариям, катастрофам или большим материальным потерям [1].

В настоящее время для повышения надёжности ВС широко используются такие типовые методы резервирования, как резервирование замещением и постоянное резервирование [2]. Основой отказоустойчивости резервированных ВС является не только аппаратная избыточность, но и совокупность средств, обеспечивающих быстрое переключение отказавших блоков ВС на резервные в случае ситуаций отказа, и эффективное использование избыточного оборудования. Восстановление работоспособности ВС

происходит как в процессе восстановления информации, потерянной вследствие сбоев и отказов, так и в процессе восстановления отказавших аппаратных средств.

Наряду с резервированием замещением и постоянным резервированием для повышения надёжности ВС часто используется комбинированное резервирование, заключающееся в использовании резервного оборудования путём сочетания методов резервирования замещением и постоянного резервирования на основании гибридного принципа. Гибридный принцип основан на сочетании двух методов резервирования в одном избыточном блоке. Комбинация постоянного резервирования с восстанавливающим органом и фиксированного резервирования известна как гибридное резервирование. Для фиксированного резервирования характерно однозначное соответствие каждого резервного блока только одному рабочему блоку, который, в случае отказа, может заменить резервный блок.

Вопросы построения избыточных устройств с восстанавливающим органом впервые были исследованы Дж. Нейманом [3]. Наибольшую известность в построении устройств с восстанавливающим органом получил мажоритарный метод, который, в частности, используется для повышения надёжности микропроцессоров [4]. Восстанавливающий орган в таких системах может работать по принципу большинства (мажоритарный принцип).

При анализе надёжности ВС нужно составить логическую схему надёжности, которая в зависимости от имеющейся информации и требований к расчёту надёжности может учитывать такие параметры, как структура устройства, типы отказов и наборы входных данных. Логическая схема надёжности вычислительного устройства, в общем случае, состоит из элементов, блоков, подгрупп и совокупности схем подключения резервных блоков и обнаружения отказавших рабочих блоков. Такая совокупность схем называется автоматом надёжности. Каждая подгруппа вычислительного устройства имеет свой автомат надёжности.

Предположим, что ВС состоит из нескольких рабочих блоков, и для повышения её надёжности используется гибридное резервирование, причём резервные блоки находятся в нагруженном режиме. Таким образом, ВС имеет V рабочих блоков, E резервных блоков и автомат надёжности. В справочнике [5] показано, что надёжность мажоритарного устройства, определяемая как функция, основанная на определении вероятностей пребывания вычислительного устройства во всех работоспособных состояниях, может быть аппроксимирована следующим выражением:

$$Q_{MP} = \sum_{j=1}^D \prod_{k=1}^R q_{kj},$$

где D – количество минимальных сечений логической схемы надёжности ВС, R – порог мажоритарного элемента (количество исправно работающих выходов устройства), q_{kj} – вероятность отказа k -го элемента, входящего в j -е минимальное сечение. Минимальное сечение логической схемы надёжности предотвращения опасности отказа представляет собой такую конъюнкцию из отрицаний инициирующих событий, ни одну из компонент которой нельзя изъять, не нарушив условия безотказной работы системы.

В случае использования гибридного резервирования (ГР) приведённую выше формулу можно записать в следующем виде [5]:

$$Q_{ГР} = \sum_{j=1}^D \prod_{k=1}^R q_{kj},$$

где $R = a + E + 1$; a – количество исправно работающих выходов устройства.

Рассмотрим вычислительное устройство, логическая схема которого представлена на рис. 1.

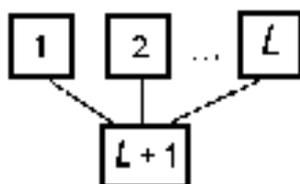


Рис. 1. Логическая схема вычислительного устройства

Такую схему имеют, в частности, широко распространенные устройства управления. Пусть вероятность отказа и вероятность безотказной работы i -го элемента будут соответственно q_i и P_i . Если вероятности отказа всех элементов одинаковы и равны $q_i=q$, то в случае использования гибридного резервирования вероятность пребывания вычислительного устройства во всех работоспособных состояниях будет равна [5]:

$$Q_{ГРМ}=4q_{L+1}^3+4q^3L+12Lq^2q_{L+1}+12q_{L+1}^2q,$$

где L – количество выходов устройства.

Пусть элемент логической схемы с номером $(L+1)$ содержит S равнонадёжных элементов устройства с вероятностью отказа q_0 . Введем параметр $\theta=S/R$. Вероятность отказа устройства без учёта его структуры (логическая схема надёжности имеет один выход) равна: $Q_{ГР}=4(Rq_0)^3$ [6].

Каждый элемент логической схемы содержит $(R/L)\cdot(1-\theta)$ элементов устройства. Тогда выигрыш в точности расчёта надёжности ВС при учёте структуры устройства можно определить с помощью коэффициента [7]:

$$m=Q_{ГР}/Q_{ГРМ}=L^2/[(1-\theta)^3+3L\theta(1-\theta)^2+L^2\theta^2(3-2\theta)].$$

В таблице приведены значения коэффициента m для разных значений L и θ .

Таблица

L	θ		
	0,01	0,1	1,0
10	98	16,8	1,0
30	424	27,1	1,0
50	786	30,2	1,0

Графики зависимостей $Lg(m)$ от значений $|Lg(\theta)|$ для различных величин L приведены на рис. 2.

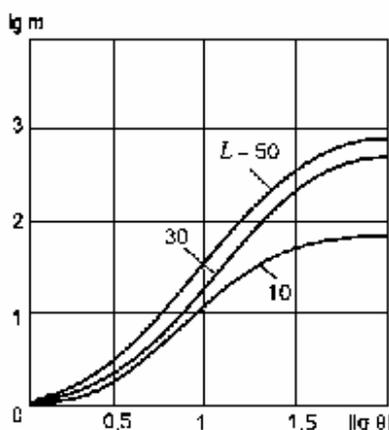


Рис. 2.

Из приведённых зависимостей видно, что учёт структуры вычислительных устройств позволяет существенно повысить точность при вычислении нижней границы надёжности ВС, причем выигрыш существенно сказывается при $\theta < 0,1$. Максимальный выигрыш в точности расчёта надёжности получается при $S=\theta=0$ и равен $m=L^2$.

Таким образом, в настоящее время одним из наиболее эффективных способов повышения надёжности ВС является комбинированное резервирование, сочетающее достоинства постоянного резервирования и резервирования замещением. В ВС с комбинированным резервированием одним из принципов введения избыточности является гибридный принцип, на основе которого используется гибридное резервирование. Учёт структуры ВС в модели надёжности с гибридным резервированием позволяет повысить точность расчёта надёжности таких систем.

Литература

1. Надёжность технических систем и техногенный риск: учеб. / В.С. Артамонов [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2007.
2. Иыуду К.А. Надёжность, контроль и диагностика вычислительных машин и систем. М.: Высш. шк., 1989.
3. Нейман Дж. Вероятностная логика и синтез надёжных систем. М.: Мир, 1956.
4. Пирс У. Построение надёжных вычислительных машин. М.: Мир, 1968.
5. Козлов В.А., Ушаков И.А. Справочник по расчёту надёжности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики. М.: Советское радио, 1975.
6. Половко А.М., Гуров С.В. Надёжность технических систем и техногенный риск. СПб.: БХВ-Петербург, 1998.
7. Основы проектирования надёжных вычислительных систем / А.Е. Александров [и др.]. М.: Радио и связь, 2005.

ПОСТРОЕНИЕ ГРАФОВОЙ МОДЕЛИ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ СОСТАВА СИЛ И СРЕДСТВ, ВЫДЕЛЯЕМЫХ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

О.А. Рыбин, доктор технических наук;

В.В. Попов, кандидат военных наук, доцент;

А.А. Козлов.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Представлены подходы, в основе которых лежит принцип согласования структуры и перечня задач (действий) сил и средств, выделяемых для ликвидации чрезвычайных ситуаций. Синтез структуры состава сил и средств, выделяемых для ликвидации чрезвычайных ситуаций, производится путём отображения моделей структур во множество альтернативных структур (ядро) и последующего выбора наиболее рациональной структуры в соответствии с принятым принципом оптимальности. Выбор окончательной структуры производится путём последовательного анализа альтернативных вариантов. Представлено обобщенное описание методики построения графа модели организационной структуры состава сил и средств, выделяемых для ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, графовая модель, организационная структура, оптимизация структуры