

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ВОССТАНАВЛИВАЕМОЙ РЕЗЕРВИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ СО СТРУКТУРОЙ ТИПА « k из n »

Abstract: The problems of statistical modelling reliability of restore reservation system with the structure of « k of n » based on the random number generator with DN -distribution are considered. The algorithm of reliability modelling and examples of reliability modelling systems for a variety of input data is offered.

Key words: statistical modelling, reliability of the restored system, majority reservation.

Анотація: Розглянуті питання статистичного моделювання надійності відновлювальної резервованої системи зі структурою типу « k із n » на основі використання генераторів випадкових чисел, що мають DN -розподіл. Запропоновано алгоритм моделювання надійності та приклади моделювання надійності систем для різноманітних вихідних даних.

Ключеві слова: статистичне моделювання, надійність відновлювальної системи, мажоритарне резервування.

Аннотация: Рассмотрены вопросы статистического моделирования надежности восстанавливаемой резервированной системы со структурой типа « k из n » на основе генераторов случайных чисел, имеющих DN -распределение. Предложены алгоритм моделирования надежности и примеры моделирования надежности систем для различных исходных данных.

Ключевые слова: статистическое моделирование, надежность восстанавливаемой системы, мажоритарное резервирование.

1. Введение

Высоконадежные информационные и управляющие системы строятся с применением структурной избыточности на уровне элементов, функциональных блоков, подсистем и системы в целом. Наиболее распространенным способом введения избыточности является резервирование – установка нескольких идентичных комплектов оборудования системы, работу которых контролирует восстанавливающий орган (ВО). Рассмотрим систему, в которой ВО реализует мажоритарную функцию (рис. 1).

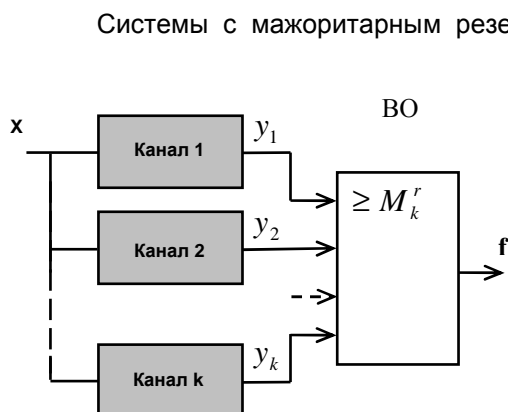


Рис. 1. Система с мажоритарным резервированием

Системы с мажоритарным резервированием являются очень устойчивыми в отношении перемежающихся отказов (сбоев), которые часто возникают вследствие внутренних или внешних помех, а также из-за ошибок в алгоритмах и программах.

Необходимо отметить, что резервированные системы с постоянным нагруженным или ненагруженным резервом воспринимают ВО сбой в работе основного канала системы как отказ, что незамедлительно приводит к его замене на резервный со всеми вытекающими из этого последствиями (считается, что средняя наработка на сбой цифровых

систем как минимум на порядок ниже средней наработки на отказ). Поэтому для повышения устойчивости таких систем по отношению к сбоям необходимо предусматривать повторное тестирование выведенного из работы канала системы и, если он исправен, – введение его в систему в качестве резервного.

В системах с мажоритарным резервированием такой проблемы не существует, так как мажоритарный элемент исправляет любую одиночную ошибку в любом канале, однако в отношении постоянных отказов мажоритарное резервирование, например, невозстановливаемых систем уступает по показателям безотказности системам такой же кратности резервирования, но с нагруженным и ненагруженным резервами. Существенно повысить надежность систем с мажоритарным резервированием можно за счет введения процедуры восстановления отказавшего канала. Исследованию надежности таких систем методом статистического моделирования посвящена данная работа.

2. Моделирование надежности системы

Рассмотрим алгоритм статистического моделирования надежности восстанавливаемых мажоритарных систем на примере системы со структурой «2 из 3». Введем следующие допущения.

Допущение 1. Мажоритарный восстанавливающий орган является абсолютно надежным.

Допущение 2. При обнаружении отказа одного из каналов системы мгновенно начинается процесс восстановления его работоспособности.

Допущение 3. После восстановления работоспособности канала его надежность полностью восстанавливается.

Допущение 4. Система работоспособна только в том случае, если исправны хотя бы $k = 2$ каналов из $n = 3$.

Метод статистического моделирования предусматривает использование для каждого канала системы генератора случайных чисел, с помощью которого получают значение наработки до отказа данного канала. Входными данными генератора являются среднее время наработки до отказа канала и коэффициент вариации наработки до отказа. Так же генератор случайных чисел используется для получения значения времени восстановления отказавшего канала. Здесь входными данными являются среднее время восстановления канала и коэффициент вариации времени восстановления.

Блок-схема алгоритма моделирования надежности восстанавливаемой системы со структурой «2 из 3» представлена на рис. 2. Моделирование начинается с задания начальных параметров генераторов случайных чисел, имеющих DN -распределение [1, 2]. Алгоритм моделирования надежности восстанавливаемой системы со структурой « k из n » предполагает проведение N циклов моделирования. На протяжении каждого цикла выполняются следующие действия. Сначала генерируются наработки до отказа для каждого канала системы. После этого наработки ранжируются по возрастанию, находится минимальная наработка до отказа и генерируется значение времени восстановления данного отказавшего канала. Если время окончания восстановления окажется больше, чем время следующего отказа одного из каналов системы, то отказ второго канала будет одновременно и отказом всей системы. Если же время окончания восстановления первого отказавшего канала не превышает времени появления второго отказа, то оно принимается за новый текущий момент моделирования. Одновременно проводятся генерация нового времени наработки до отказа восстановленного канала и расчет остаточных наработок до отказа неотказавших каналов системы. Далее описанные выше действия

повторяются до того момента, пока не будет зафиксирован отказ системы (т.е. появление второго отказа раньше, чем будет завершено восстановление первого отказавшего канала). Данный момент и будет значением времени наработки на отказ системы.

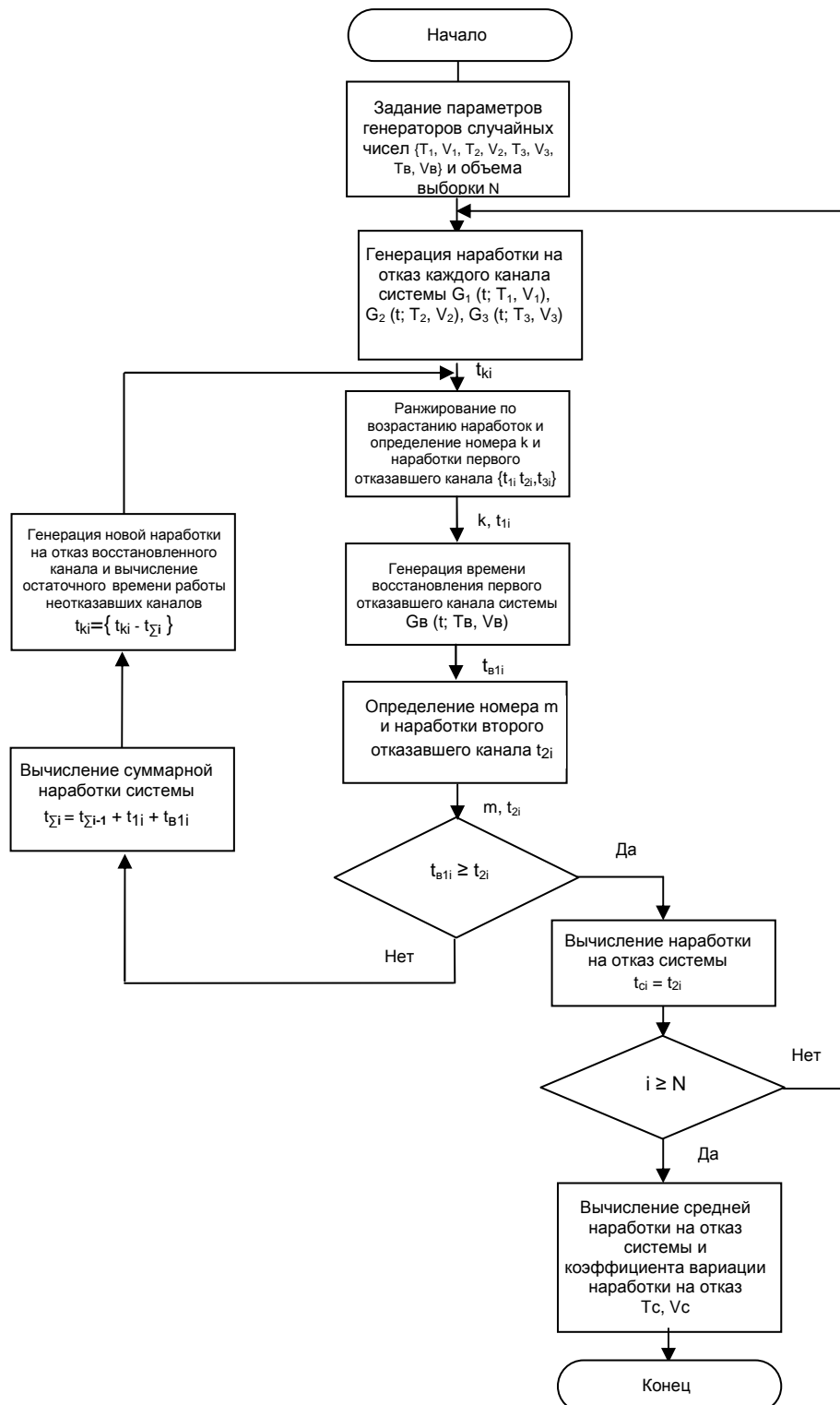


Рис. 2. Алгоритм моделирования надежности восстанавливаемой системы со структурой «2 из 3»

В алгоритме моделирования предусматривается наличие счетчиков для фиксации количества отказов каждого из каналов системы, которые были успешно восстановлены и не привели к отказу всей системы.

По результатам моделирования определяются средняя наработка на отказ системы и коэффициент вариации наработки на отказ (для этого используются значения накопленных в процессе моделирования значений наработок на отказ) по формулам:

$$T_c = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N t_{c,j} \quad \text{и} \quad v_c = \frac{1}{T_c} \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (t_{c,j} - T_c)^2}{N-1}}, \quad (1)$$

где $t_{c,j}$ – наработка на отказ системы по результатам j -го цикла моделирования, N – объем выборки.

На рис. 3 представлена зависимость средней наработки на отказ восстанавливаемой системы T_c от величины среднего времени восстановления T_g при разных значениях коэффициента вариации времени восстановления v_g и коэффициента вариации наработки до отказа канала v_0 . Объем выборки составляет $N = 100$, а наработка до отказа одного канала равна $T_0 = 1000$ ч. Из графика видно, что при уменьшении времени восстановления канала

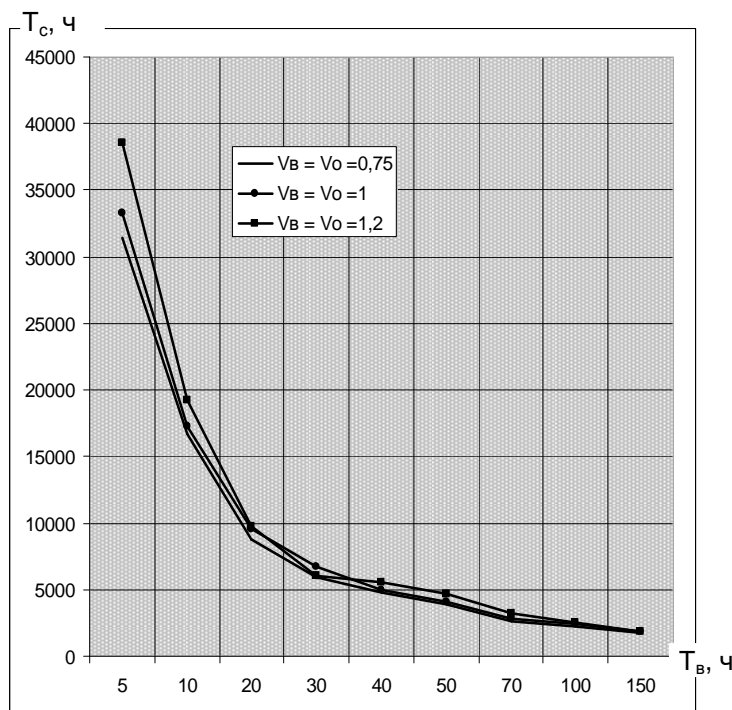


Рис. 3. Зависимость средней наработки на отказ восстанавливаемой системы T_c от величины времени восстановления T_g

коэффициента вариации времени восстановления.

средняя наработка на отказ системы возрастает. Причем, когда это значение становится меньше 20 ч, рост величины времени наработки на отказ значительно ускоряется. При увеличении значений коэффициентов вариации v_0 и v_g средняя наработка на отказ системы также возрастает, хотя и незначительно.

На рис. 4 представлена зависимость средней наработки на отказ восстанавливаемой системы T_c от величины коэффициента вариации времени восстановления v_g при $v_0 = 1$ и $T_g = 30$ ч. Нетрудно видеть, что средняя наработка на отказ системы значительно возрастает при уменьшении

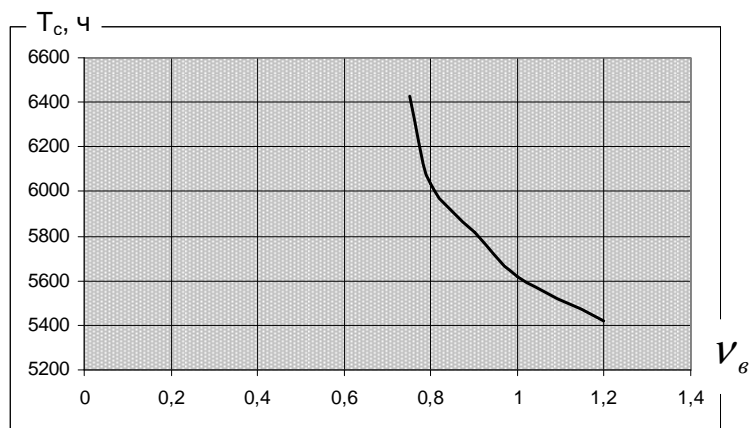


Рис. 4. Зависимость средней наработки на отказ восстанавливаемой системы T_c от величины коэффициента вариации времени восстановления V_g

3. Выводы

1. В работе предложен метод моделирования надежности восстанавливаемой системы с мажоритарным ВО на основе использования генераторов случайных чисел, имеющих DN -распределение. Метод позволяет моделировать надежность такого класса систем при различных исходных данных.
2. Надежность восстанавливаемой системы с мажоритарным резервированием превышает, а при $T_g \leq 45$ ч. значительно (в 5 и более раз) превышает надежность аналогичной системы, но без восстановления.
3. С уменьшением времени восстановления средняя наработка на отказ системы возрастает. Для принятых исходных данных наибольший рост надежности системы наблюдается при $T_g \leq 20$ ч.
4. Уменьшение коэффициента вариации времени восстановления также приводит к росту средней наработки на отказ системы на 20%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федухин А.В., Сеспедес-Гарсия Н.В. К вопросу о статистическом моделировании надежности // Математичні машини і системи. – 2006. – № 1. – С. 156 – 163.
2. Стрельников В.П., Федухин А.В. Оценка и прогнозирование надежности электронных элементов и систем. – К.: Логос, 2002. – 486 с.

Стаття надійшла до редакції 21.10.2008