



УДК 621.3.019.3

А.В. ФЕДУХИН*, В.П. ПАСЬКО**

К ВОПРОСУ О МОДЕЛИРОВАНИИ НАДЕЖНОСТИ ДВУХКАНАЛЬНОГО НЕВОССТАНАВЛИВАЕМОГО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

*Институт проблем математических машин и систем НАН Украины, Киев, Украина

**АЕС «Киев-облэнерго», Киев, Украина

Анотація. Стаття присвячена подальшим дослідженням надійності квазімостикової невідновлювальної структури. Наводяться й обговорюються результати моделювання структури за допомогою модернізованого пакета програм RELIABmod при великій кількості вузлів.

Ключові слова: двоканальна структура, що самоперевіряється, квазімостикова структура, реконфігурація.

Аннотация. Статья посвящена дальнейшим исследованиям надежности квазимостиковой невосстанавливаемой структуры. Приводятся и обсуждаются результаты моделирования структуры с помощью модернизированного пакета программ RELIABmod при большом количестве узлов.

Ключевые слова: двухканальная самопроверяемая структура, квазимостиковая структура, реконфигурация.

Abstract. The article is devoted to further research of the reliability of kvazibridge nonrecoverable structure. The structure of the simulation results using the upgraded software package RELIABmod with a large number of nodes are presented and discussed.

Keywords: self-checking two-channel structure, kvazibridge structure, reconfiguration.

1. Введение

Для построения высоконадежных вычислительных комплексов специального назначения используется аппаратная избыточность. Наиболее экономичными для систем с «коротким сроком жизни» (например, военная ракетная техника) являются двухканальные структуры. Основным достоинством двухканальных самопроверяемых структур [1–3] являются высокая глубина контроля вычислительных каналов и возможность диагностики отказавшего канала, а также высокая безопасность структуры в целом. В качестве недостатков следует отметить сложность синтеза самопроверяемых схем внутреннего контроля (ССВК) для вычислительного канала в целом и невысокая эксплуатационная готовность, так как любой отказ канала или ССВК переводит систему в нерабочее защитное состояние.

Целью статьи является продолжение исследований надежности невосстанавливаемой двухканальной квазимостиковой структуры методом статистического моделирования средствами пакета программ RELIABmod v.2.0. Рассмотрены результаты моделирования надежности структуры при большом количестве узлов.

2. Двухканальная квазимостиковая структура

С целью повышения эксплуатационной готовности в [1] был предложен новый класс самопроверяемой двухканальной структуры с реконфигурацией, позже получившей название квазимостиковой. Повышение безотказности и эксплуатационной готовности такой структуры достигается ее декомпозицией, при которой каждый вычислительный канал (ЭВМ)

разбивается на n условно равнонадежных микроконтроллеров, например, ЭВМ1.1 и ЭВМ1.2, ЭВМ2.1 и ЭВМ2.2, которые с помощью схем реконфигурации (CP) образуют n дублированных узлов. Схема декомпонированной структуры, состоящей из двух узлов, приведена на рис. 1. Выходные сигналы каждого из каналов Z_1 и Z_2 сравниваются безопасной схемой сравнения (БСС). При совпадении сигналов формируется управляющее воздействие на управляемый объект (УО).

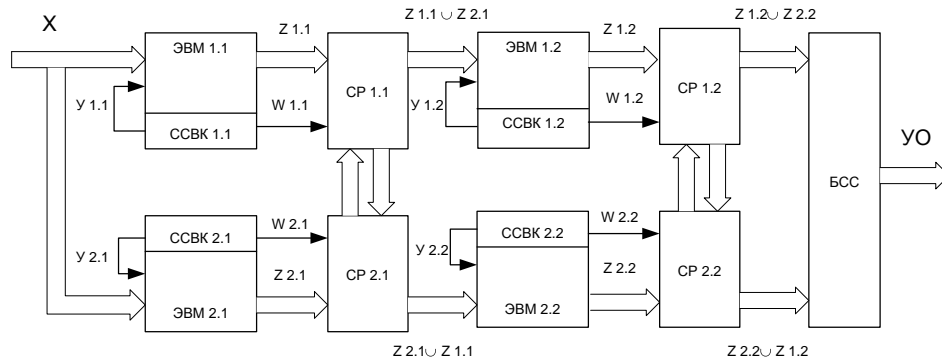


Рис. 1. Самопроверяемая двухканальная квазимостиковая структура

3. Пакет программ RELIABmod

Для анализа надежности квазимостиковой структуры был использован специально разработанный пакет программ статистического моделирования надежности сложных систем – RELIABmod v.2.0 (рис. 2) [2].

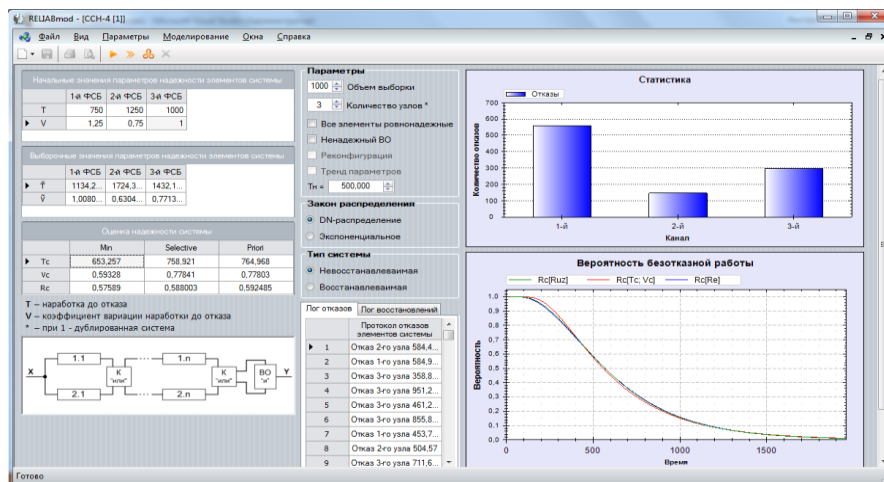


Рис. 2. Экранная форма пакета программ RELIABmod v.2.0

Пакет программ позволяет прогнозировать надежность объектов, имеющих самые разнообразные структурные схемы надежности (ССН). В отличие от известных программных продуктов, RELIABmod имеет следующие особенности:

- осуществляет генерацию случайных величин, имеющих DN -распределение и экспоненциальное распределение;
- учитывает надежность восстанавливающего органа системы;
- учитывает возможности реконфигурации системы при отказе ее составных частей;
- учитывает тренд параметров надежности составных частей системы во времени;
- производит расчет количественных показателей надежности моделируемой системы по данным о надежности элементов системы, полученным в результате моделирования;

- осуществляет графическую интерпретацию результатов моделирования.

Расширенные возможности пакета программ позволяют более адекватно анализировать технические особенности и структуру системы, что в конечном итоге влияет на качество проектирования и снижает сложность системы.

4. Результаты моделирования надежности структуры

Моделирование осуществляется методом «Слабого звена» с использованием генератора случайных чисел, распределенных в соответствии с DN -распределением [4]. Одновременно с моделированием проводится аналитический расчет надежности структуры ВФ-методом [4].

В [2] были рассмотрены результаты моделирования невосстанавливаемой квазимостиковой структуры при небольшом количестве узлов ($n=1-10$). Для уточнения полученных ранее результатов были внесены необходимые усовершенствования в пакет программ RELIABmod v.2.0 (был усовершенствован генератор DN -распределенных случайных чисел), в результате чего появилась возможность более адекватного моделирования системы с большим количеством узлов до $n=1000$.

В качестве примера рассмотрим результаты статистического моделирования и аналитического расчета ВФ-методом невосстанавливаемой квазимостиковой структуры с параметрами $T_{ЭВМ1} = T_{ЭВМ2} = 1000$ ч. (рис. 1). При декомпозиции системы на равнонадежные дублированные узлы средняя наработка до отказа неизбыточного функционального блока (ФБ) каждого канала определялась по формуле $T_{ФБ} = \sqrt{n} \cdot T_{ЭВМ}$. Исходные значения коэффициентов вариации наработки до отказа неизбыточных ФБ принимались равными $V_{ФБ} = V_{ЭВМ} = 0,75$. Оценка вероятности безотказной работы ФБ, узлов и системы в целом осуществлялась на моменты суммарной наработки $t_n = 500, 800, 1000$ ч.

Результаты моделирования и расчета приведены ниже (рис. 3).

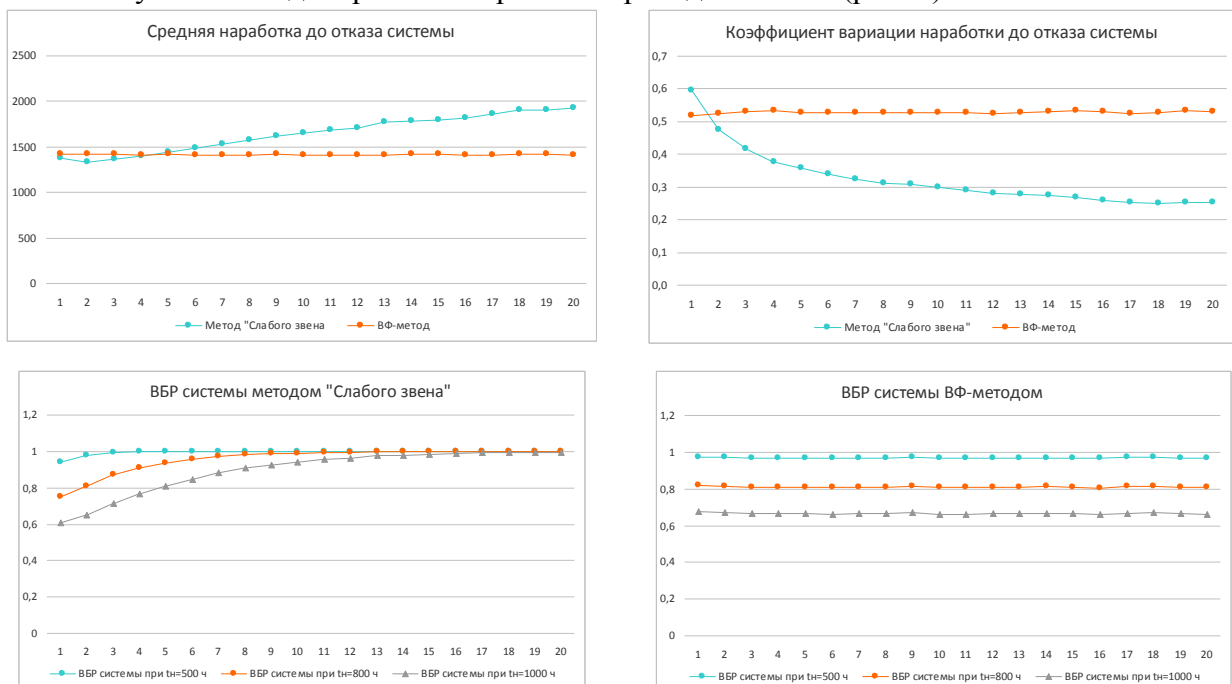


Рис. 3. Результаты моделирования и расчета надежности квазимостиковой структуры

Примечание. При реализации самопроверяемых схем внутреннего контроля ССВК1.1 (ССВК2.1) и ССВК1.2 (ССВК2.2) программным способом, а схем реконфигурации СР1.1 (СР1.2) и

CP2.1(CP2.2) на резервированных мультиплексорах, данные элементы структуры в первом приближении можно считать абсолютно надежными.

5. Обсуждение результатов моделирования

В процессе исследований установлено, что уже при количестве узлов $n > 4$ средняя наработка до отказа квазимостиковой структуры превышает аналогичный показатель для простой дублированной структуры. Использование декомпозиции ЭВМ на ряд микроконтроллеров и образование из них так называемых дублированных узлов приводят также к значительному увеличению и вероятности безотказной работы структуры.

Интересным является тот факт, что с увеличением количества узлов коэффициент вариации наработки до отказа структуры существенно уменьшается, что, наряду с ростом средней наработки до отказа, также является причиной роста вероятности безотказной работы структуры.

Результаты статистического моделирования структуры по методу "Слабого звена" и аналитического расчета ВФ-методом с использованием данных моделирования надежности ФБ существенно отличаются. Известная гипотеза [4] о равенстве коэффициента вариации наработки до отказа последовательной системы, состоящей из равнонадежных элементов, коэффициенту вариации наработки до отказа элемента не нашла своего подтверждения. Исследованиями установлено, что с увеличением количества последовательно соединенных узлов в квазимостиковой структуре коэффициент вариации наработки до отказа не является постоянной величиной, а имеет тенденцию к уменьшению, что и предопределяет расхождение в результатах моделирования и аналитического расчета ВФ-методом. Результаты моделирования подтверждают аналогичный результат относительно коэффициента вариации последовательной невосстанавливаемой системы, ранее полученный с помощью другой моделирующей программы [5].

6. Заключение

Использование на практике квазимостиковой структуры для проектирования бортовых отказоустойчивых систем специального назначения открывает дополнительные возможности в направлении повышения их эксплуатационной надежности при незначительном увеличении аппаратных затрат на реализацию функций самоконтроля и реконфигурации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федухин А.В. К вопросу об аппаратной реализации избыточных структур: резервированная двухканальная система с реконфигурацией / А.В. Федухин, Ар.А. Муха // Математичні машини і системи. – 2010. – № 4. – С. 156 – 159.
2. Федухин А.В. Моделирование надежности систем / А.В. Федухин, В.П. Пасько // Методы менеджмента качества. – 2012. – № 3. – С. 50 – 55.
3. Федухин А.В. Моделирование надежности восстанавливаемой квазимостиковой структуры с учетом тренда параметров надежности составных частей / А.В. Федухин, В.П. Пасько // Математичні машини і системи. – 2014. – № 3. – С. 125 – 135.
4. Стрельников В.П. Оценка и прогнозирование надёжности электронных элементов и систем / В.П. Стрельников, А.В. Федухин. – К.: Логос, 2002. – 486 с.
5. Сеспедес Гарсия Н.В. К вопросу о коэффициенте вариации наработки до отказа системы с последовательной структурой элементов / Н.В. Сеспедес Гарсия // Математичні машини і системи. – 2012. – № 4. – С. 190 – 194.

Стаття надійшла до редакції 06.09.2016