

УДК 621.192

Н.П. БЛАГОДАРНЫЙ

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина

МОДЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОДНОРОДНЫХ ПРОЦЕССОРНЫХ СРЕД

В статье предлагается решение задачи оценки эффективности использования процессорных модулей и однородных процессорных сред (ОПС) на их основе. Исследуется влияние потоков отказов и сбоев на изменение структуры процессорных модулей и их влияние на эффективность применения однородных процессорных сред. Полученная оценка сохранения эффективности процессорных модулей позволяет совершенствовать инструмент выбора методов реконфигурации ОПС и уменьшать издержки на разработку и применение ОПС. Также в статье определяются направления развития методов реконфигурации современного и перспективного высокоинтегрированного элементного базиса вычислений.

Ключевые слова: отказ, сбой, процессорный модуль, реконфигурация, отказоустойчивость.

Введение

Высокоинтегрированные однородные процессорные среды (ОПС) (программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС), программируемые логические матрицы (ПЛМ), многоядерные процессоры и др.) широко используются в системах обработки сигналов и изображений [1,2]. Однородные процессорные среды в общем случае представляют собой совокупность из n^2 процессорных модулей (ПМ) (>4), регулярно соединенных между собой [2,3,4]. Каждый ПМ (рис. 1) содержит в своем составе входные коммутаторы K_1, K_2 , выходные коммутаторы K_3, K_4 , процессорный элемент (ПЭ) и схему управления (СУ). Элементы ПМ ($K_1 \div K_4$, ПЭ, СУ) в процессе использования ОПС по назначению подвергаются воздействию потоков отказов ПЭ, СУ с интенсивностью соответственно λ_{ki}^0 , $i = \overline{0,4}$, λ_n^0 , λ_y^0 , сбоев и восстановлений с параметрами (λ_k^c, μ_k^c) , (λ_n^c, μ_n^c) , (λ_y^c, μ_y^c) . При этом имеет место преобладание потоков сбоев над потоками отказов $\lambda^c = \beta \lambda^0$, $\beta = 10 \div 100$ [3] и требуется уточнение оценки коэффициента $K_s(t)$ сохранения эффективности ПМ (отношения числа реализуемых функций к общему числу функций) а также поиск методов реконфигурации ПМ, учитывающих все работоспособные состояния ПМ и адаптируемых к параметрам потока сбоев [3]. Известные оценки $K_s(t)$ [6,7] не учитывают все работоспособные состояния ПМ, кратковременность сбоев и возможность переконфигурации ПМ после их окончания, что делает эти оценки заниженными. Уточнение оценок $K_s(t)$, учитывающих эти обстоятельства, позволит определить

достижимый уровень эффективности ПМ, уменьшить издержки на обеспечение отказоустойчивости ОПС, повысить степень обоснованности выбора приемлемых методов реконфигурации.

1. Постановка задачи

Известные оценки $K_s(t)$ [2,3] не учитывают всех работоспособных состояний ПМ, кратковременность сбоев и возможность переконфигурации ПМ после окончания действия сбоев, что делает эти оценки заниженными. Определение оценки $K_s(t)$, учитывающей эти обстоятельства, позволит определить достижимый уровень эффективности ПМ, уменьшить вводимую избыточность на обеспечение отказоустойчивости ОПС, повысить степень обоснованности выбора приемлемых методов реконфигурации.

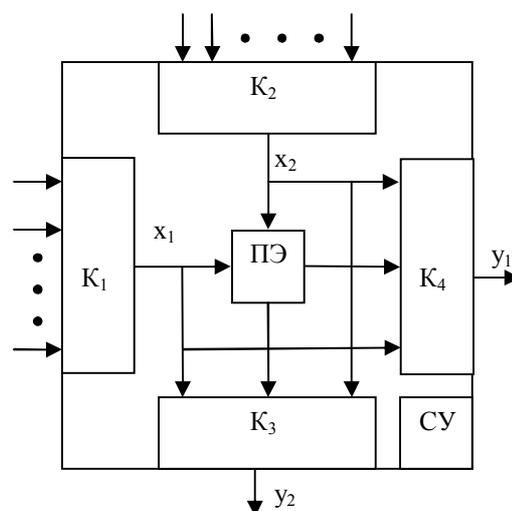


Рис. 1. Структура ПМ

В известных моделях эффективности ОПС предполагается, что ПМ могут находиться в одном из трех состояний: исправном, частично-исправном (транзит информации по вертикали или горизонтали), отказа [3]. Однако потоки отказов и сбоев воздействуют на отдельные (неделимые в смысле управления) элементы и узлы ПМ (рис.1): межмодульные связи, коммутаторы $K_1 \div K_4$, ПЭ, СУ. Обозначим через $S_{k_i}, i = \overline{1,4}$, $S_{ПЭ}$, $S_{СУ}$ – соответственно

состояния коммутаторов, ПЭ, СУ. Каждый из этих элементов может находиться в исправном или неисправных состояниях

$$S_{k_i} \in \{0,1\}, i = \overline{1,4}; S_{ПЭ} \in \{0,1\}, S_{СУ} \in \{0,1\},$$

где 0 – исправное состояние;

1 – неисправное состояние.

Перечень функций, реализуемых ПМ V_{ij} , $i = \overline{1,n}$, $j = \overline{1,n}$, приведён в табл. 1.

Таблица 1

Перечень функций, реализуемых ПМ V_{ij}

Функция	Выполняемая операция	Содержание
$f_1(f_1^0)$	$\text{Вых.}K_3 := \text{Вых.}K_1 * \text{Вых.}K_2$	Выполнение модулем V_{ij} операции "*" и выдача результата на выход K_3
$f_2(f_2^0)$	$\text{Вых.}K_4 := \text{Вых.}K_1 * \text{Вых.}K_2$	Выполнение модулем V_{ij} операции "*" и выдача результата на выход K_4
$f_3(f_1^k)$	$\text{Вых.}K_3 := \text{Вых.}K_1$	Соединительная функция (вертикальный транзит)
$f_4(f_2^k)$	$\text{Вых.}K_4 := \text{Вых.}K_1$	Коммутационная функция (правый поворот)
$f_5(f_3^k)$	$\text{Вых.}K_4 := \text{Вых.}K_2$	Соединительная функция (горизонтальный транзит)
$f_6(f_4^k)$	$\text{Вых.}K_3 := \text{Вых.}K_2$	Коммутационная функция (левый поворот)

Функции f_1 и f_2 образуют множество $\{f_i^0\}_{i=1}^2$ операционных функций, а функции $f_3 \div f_6$ – множество функций коммутации $\{f_i^k\}_{i=1}^4$. При нахождении ПМ V_{ij} , $i = \overline{1,n}$, $j = \overline{1,n}$ в исправном состоянии могут быть реализованы все функции: операционные и коммутации. Частично работоспособным состоянием назовём состояние ПМ, в котором возможна реализация хотя бы одной из функций f_j^* ,

$$f_j^* \in \{f_i^0\}_{i=1,2} \cup \{f_j^k\}_{j=1,4}.$$

Обозначим состояние ПМ через $S_{УПК}$, где У – состояние СУ (исправное – 0, неисправное – 1); П – состояние ПЭ (0 – исправное, 1 – неисправное); К – состояние коммутаторов $K_1 \div K_4$ (запись в 16-ричной системе счисления: 0 – все коммутаторы исправны; 1, 2, 3, 4, 8 – соответственно неисправны коммутаторы K_4, K_3, K_2, K_1 ; 9 – неисправны коммутаторы K_1 и K_4 ; А – неисправны коммутаторы K_1 и K_3 ; 6 – неисправны коммутаторы K_2 и K_3). Наборы функций, реализуемых ПМ в исправном и частично-работоспособных состояниях, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Наборы функций, реализуемые ПМ в работоспособных состояниях

Отказавший элемент	Состояние	Реализуемые функции					
		f_1^0	f_2^0	f_1^k	f_2^k	f_3^k	f_4^k
Отсутствует	$S_{000}(S_0)$	+	+	+	+	+	+
ПЭ	$S_{010}(S_2)$	-	-	+	+	+	+
K_1	$S_{0-8}(S_3)$	-	-	-	-	+	+
K_2	$S_{0-2}(S_3)$	-	-	+	+	-	-
K_3	$S_{004}(S_1)$	-	+	-	+	+	-
K_4	$(S_1)S_{001}$	+	-	+	-	-	+
K_1, K_3	$S_{0-A}(S_5)$	-	-	-	-	+	-
K_2, K_4	$S_{0-5}(S_5)$	-	-	+	-	-	-
K_3, K_4	$S_{0-6}(S_5)$	-	-	-	+	-	-
$K_3, ПЭ$	$S_{014}(S_4)$	-	-	-	+	+	-
K_1, K_4	$S_{0-9}(S_5)$	-	-	-	-	-	+
$K_4, ПЭ$	$S_{011}(S_4)$	-	-	+	-	-	+

Эффективность функционирования ПМ в состояниях $S_0 \div S_5$ будем оценивать значениями коэффициентов $K_s^0(S_j)$, $K_s^k(S_j)$, $j = \overline{0,5}$, сохранения эффективности по обработке и коммутации соответственно.

Определение 1. Коэффициентом $K_s^0(S_{ijk})$ сохранения эффективности ПМ по обработке является отношение числа функций обработки, реализуемых в состоянии S_{ijk} к числу функций обработки, реализуемых в исправном состоянии S_{000}

$$K_s^0(S_{ijk}) = \frac{|\{f_i^0\}S_{ijk}|}{|\{f_j^0\}S_{000}|}. \quad (1)$$

Определение 2. Коэффициентом $K_s^k(S_j)$ сохранения эффективности ПМ по коммутации является отношение числа функций коммутации, реализуемых в состоянии S_{ijk} к числу функций коммутации, реализуемых ПМ в исправном состоянии S_{000}

$$K_s^k(S_{ijk}) = \frac{|\{f_i^k\}S_j|}{|\{f_j^k\}S_{000}|}. \quad (2)$$

В исправном состоянии S_{000} ПМ реализует любую из функций f_i , $f_i \in \{f_j^0\}_{j=1}^2 \cup \{f_j^k\}_{j=1}^4$, в состоянии S_{010} – любую из функций f_j , $f_j \in \{f_1^k\}_{1=1}^4$, в состоянии S_{0-9} – только функцию f_4^k , то есть мощности множеств реализуемых функций в частично-

работоспособных состояниях ПМ различны. Используем эти мощности для оценки коэффициентов $K_s^0(S_{ijk})$ эффективности ПМ в состояниях S_{ijk} по обработке, и коммутации $K_s^k(S_{ijk})$.

Для упрощения записей будем пользоваться одномерной нумерацией $S_0 \div S_6$ состояний ПМ $S_0 \div S_6$ (состояния $S_0 \div S_5$ приведены в табл. 3, состояние S_6 – состояние отказа ПМ (отказ СУ, отказ коммутаторов K_1 и K_2 , отказ коммутаторов K_3 и K_4 , либо комбинации этих отказов).

2. Решение задачи

Характеристики исправного (S_0) и работоспособных ($S_j \div S_5$) состояний ПМ: наборы реализуемых функций и значения коэффициентов сохранения эффективности ПМ по обработке $K_s^0(S_j)$ и коммутации $K_s^k(S_j)$ в состоянии S_j , $j = \overline{1,5}$, приведены в таблице 3.

Здесь использованы следующие обозначения:

S_1 – состояние, в котором находится ПМ при отказе коммутатора $K_3(K_4)$;

S_2 – состояние, в котором находится ПМ при отказе ПЭ;

S_3 – состояние, в котором находится ПМ при отказе ПЭ и коммутатора $K_1(K_2)$;

S_4 – состояние, в котором находится ПМ при отказе ПЭ и коммутатора $K_3(K_4)$;

S_5 – состояние, в котором находится ПМ при отказе $K_1(K_2)$ и $K_3(K_4)$.

Таблица 3

Значения $K_s^0(S_i)$, $K_s^k(S_i)$

Состояние	Выполняемые функции						$K_s^0(S_i)$	$K_s^k(S_i)$
	$y_1=x_1*x_2$	$y_2=x_1*x_2$	$y_1=x_2$	$y_2=x_2$	$y_1=x_1$	$y_2=x_2$		
S_0	+	+	+	+	+	+	1	1
S_1	+	-	+	-	+	-	0,5	0,5
	-	+	-	+	-	+	0,5	0,5
S_2	-	-	+	+	+	+	0	1
S_3	-	-	+	+	-	-	0	0,5
	-	-	-	-	+	+	0	0,5
S_4	-	-	+	-	+	-	0	0,5
	-	-	-	+	-	+	0	0,5
S_5	-	-	+	-	-	-	0	0,25
	-	-	-	+	-	-	0	0,25
	-	-	-	-	+	-	0	0,25
	-	-	-	-	-	+	0	0,25

Граф – схема переходов ПМ под воздействием потока отказов приведена на рис. 2а, где S_6 – состояние отказа ПМ. Состояние S_6 имеет место при отказе СУ, отказе входных коммутаторов K_1 и K_2 или выходных коммутаторов K_3 и K_4 , либо совмест-

ном наступлении нескольких из этих событий. В каждом из состояний $S_0 \div S_5$ элементы ПМ подвергаются потокам сбоев и восстановлений с параметрами (λ_k^c, μ_k^c) , $(\lambda_n^c, \lambda_n^c)$, (λ_y^c, μ_y^c) . Граф-схемы пе-

переходов ПМ в состояния $S_0 - S_5$ под воздействием потоков сбояв и восстановлений приведены на рис. 2б, где обозначение S_j^i – определяет нахождение ПМ в состоянии S_i . В это состояние ПМ переходит из состояния S_j под воздействием сбоя.

Так как $\lambda^c = \beta\lambda^0$, $\beta = 10 \div 100$, то имеет место эргодичность процессов переходов ПМ под воздействием потоков сбояв и существование финальных значений вероятностей π_j^i , нахождения ПМ в состояниях S_j^i .

Выражения для определения значений $P_i(t)$, $i = \overline{1,6}$, ищутся путем решения системы дифферен-

циальных уравнений, описывающих граф-схему состояний ПМ (рис. 2а) при начальных условиях $P_0(0)=1$, $P_i(0)=0$, $i = \overline{1,6}$, и ограничении $\sum_{i=1}^6 P_i(t) = 1$ одним из известных способов [4]. Зна-

чения условных вероятностей π_j^i , определяются из систем линейных однородных уравнений, описывающих граф-схемы состояний ПМ (рис. 3а-е) также одним из известных способов [4].

Известные методы реконфигурации используют ПМ в процессе функционирования ОПС только в состояниях S_0, S_2, S_6 .

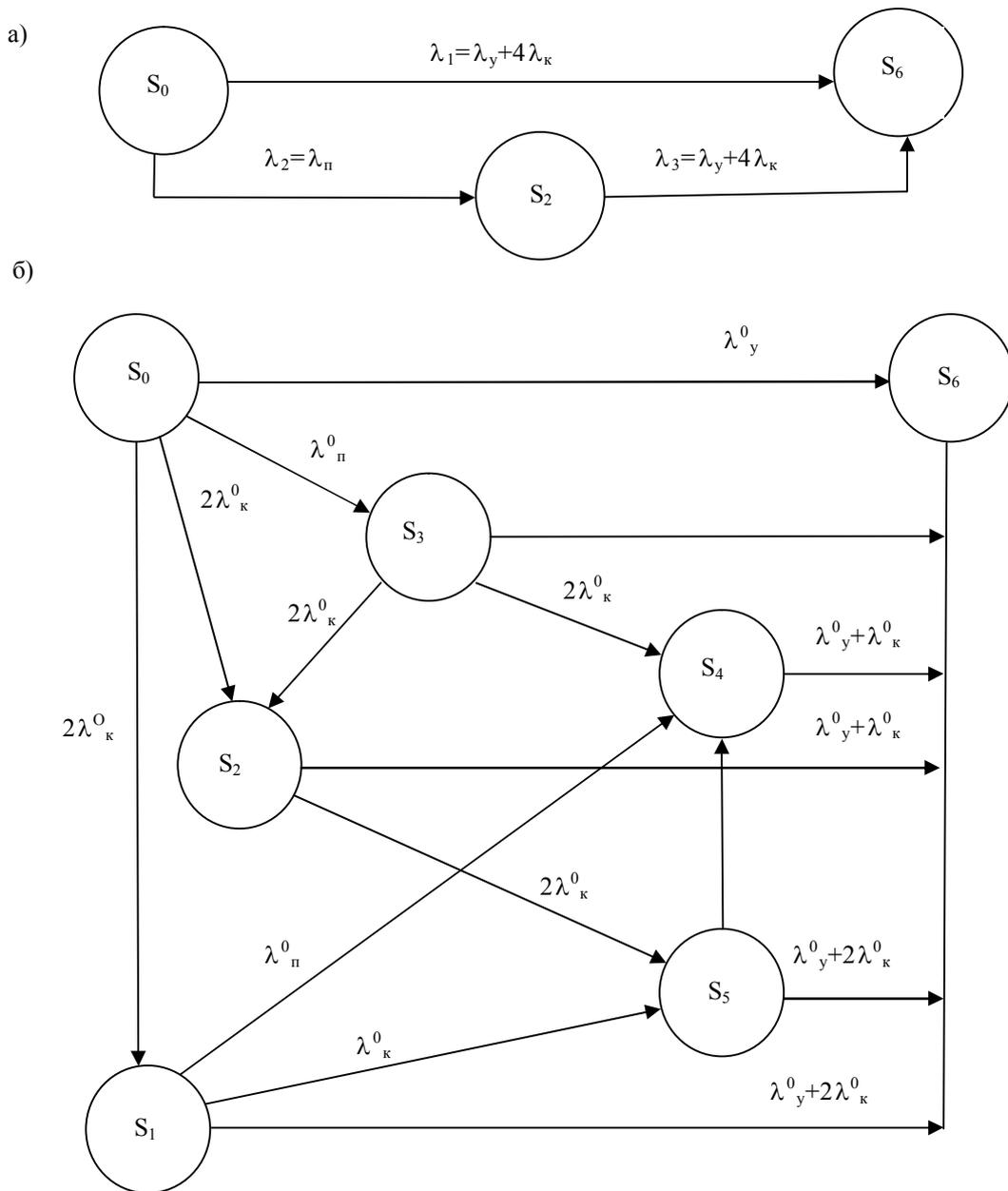


Рис. 2. Граф состояний ПМ в процессе функционирования

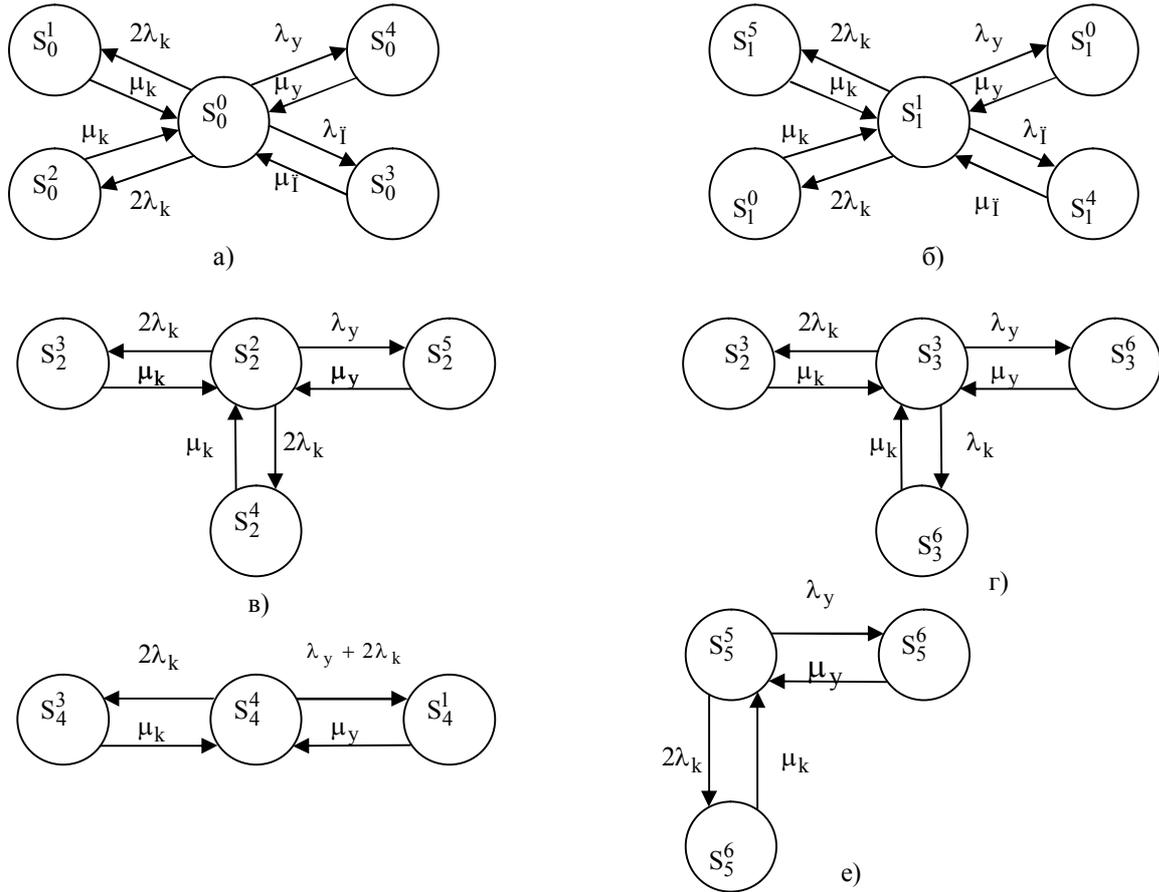


Рис. 3. Граф-схемы состояний ПМ при воздействии потоков сбоев и восстановлений

Из графа-схемы (рис. 2а) вероятности нахождения ПМ в состояниях S_0^1 и S_2^1 определяются следующими выражениями:

$$P_0(t) = e^{-(\lambda_1 + \lambda_2)t} = e^{-(\lambda_y + \lambda_{\Pi} + 4\lambda_k)t},$$

$$P_2(t) = \frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \lambda_2 - \lambda_3} \left(e^{-\lambda_3 t} - e^{-(\lambda_1 + \lambda_2)t} \right).$$

Задаваясь значениями $K_S^0(S_0)$, $K_S^0(S_2)$, $K_S^k(S_0)$, $K_S^k(S_2)$, приведенными в таблице 3 и значениями $P_0(t)$, $P_2(t)$ получим оценки эффективности $K_{S_{Д}}^0(t)$ и $K_{S_{Д}}^k(t)$ ПМ по обработке и коммутации информации в процессе использования известных методов реконфигурации

$$K_{S_{Д}}^0(t) = K_S^0(S_0) P_0(t) \tag{4}$$

$$K_{S_{Д}}^k(t) = K_S^k(S_0) P_0(t) + K_S^k(S_2) P_2(t) \tag{5}$$

Полученные оценки $K_{S_{Д}}^0(t)$, $K_{S_{Д}}^k(t)$ не учитывают эффективность ПМ в работоспособных состояниях S_1, S_2, S_3, S_4, S_5 .

Определим вероятности $P_i(t)$, $i = \overline{0,5}$ нахождения ПМ в исправном и всех рабочих состояниях (рис. 2, б).

Воспользовавшись преобразованием Лапласа и учтя начальные условия ($P_0(0) = 1, \forall i \in \overline{1,6}, P_i(0) = 0$) получим систему алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} (S + \lambda_y + 4\lambda_k + \lambda_o) \cdot P_0^0(S) = 0, \\ (S + \lambda_y + 3\lambda_k + \lambda_o) \cdot P_1^0(S) - 2\lambda_k P_0^0(S) = 0, \\ (S + \lambda_y + 4\lambda_k) \cdot P_2^0(S) - \lambda_o P_0^0(S) = 0, \\ (S + \lambda_y + 3\lambda_k) \cdot P_3^0(S) - 2\lambda_k P_0^0(S) - 2\lambda_k P_2^0(S) = 0, \\ (S + \lambda_y + 3\lambda_k) \cdot P_4^0(S) - 2\lambda_k P_2^0(S) - \lambda_o P_1^0(S) = 0, \\ (S + \lambda_y + 3\lambda_k) \cdot P_5^0(S) - 2\lambda_k P_0^0(S) - 2\lambda_k P_2^0(S) = 0. \end{cases}$$

Решая систему алгебраических уравнений определим выражения для $P_i(t)$, $i = \overline{0,5}$,

$$P_0(t) = e^{-at},$$

$$P_1(t) = \frac{2\lambda_k}{b-a} (e^{-at} - e^{-bt}),$$

$$P_2(t) = \frac{2\lambda_o}{c-a} (e^{-at} - e^{-ct}),$$

$$P_3(t) = \frac{2\lambda_k}{d-a} (e^{-at} - e^{-dt}) + \frac{2\lambda_k \lambda_o}{(a-c)(c-d)(c-a)} \times \\ \times [(d-c)e^{-at} + (a-d)e^{-ct} + (c-a)e^{-dt}],$$

$$P_4(t) = \frac{2\lambda_0\lambda_k}{(a-c)(c-d)(d-a)} [(d-c)e^{-at} + (a-d)e^{-ct} + (c-a)e^{-dt}] + \frac{2\lambda_0\lambda_k}{(a-d)(d-b)(b-a)} [(b-d)e^{-at} + (d-a)e^{-bt} + (a-b)e^{-ct}],$$

$$P_5(t) = \frac{2\lambda_k^2}{(a-b)(b-c)(e-a)} [(e-b)e^{-at} + (b-a)e^{-et} + (a-e)e^{-bt}] + 4\lambda_k^2\lambda_0 \left\{ \frac{B_1}{a-e} (ae^{-at} - ee^{-et}) + \frac{C_1}{e-a} (e^{-at} - e^{-et}) + \frac{B_2}{d-c} (de^{-dt} - ce^{-ct}) + \frac{C_2}{c-d} (e^{-dt} - e^{-ct}) + \frac{B_3}{a-b} (ae^{-at} - be^{-bt}) + \frac{C_3}{b-a} (e^{-at} - e^{-bt}) + \frac{B_4}{e-c} (ee^{-et} - ce^{-ct}) + \frac{C_4}{c-e} (e^{-et} - e^{-ct}) \right\}$$

$$B_1 = \frac{(cd-ae)^2}{(a+e-d-c) \times cd - a^2e^2 - 1},$$

$$B_2 = -\frac{(cd-ae)^2}{(a+e-d-c) \times cd - a^2e^2 - 1},$$

$$B_3 = \frac{(ce-ab)^2}{(a+b-e-c) \times ce - a^2b^2 - 1},$$

$$B_4 = -\frac{(ce-ab)^2}{(a+b-e-c) \times ce - a^2b^2 - 1},$$

$$C_1 = \frac{1}{cd} - \frac{ae(cd-ae)}{(d+c-cd) \times cd - a^2e^2},$$

$$C_2 = \frac{cd-ae}{(c+d-a-e) \times cd - a^2e^2},$$

$$C_3 = \frac{1}{ce} - \frac{ab(ce-ab)}{(c+e-a-b) \times ce - a^2b^2},$$

где $a = \lambda_y + \lambda_{\Pi} + 4\lambda_k$,

$b = \lambda_y + \lambda_{\Pi} + 3\lambda_k$,

$c = \lambda_y + 4\lambda_k$,

$d = \lambda_y + 3\lambda_k$,

$e = \lambda_y + 2\lambda_k$.

Значения вероятностей $P_i(t)$ $i = \overline{0,5}$ для $\lambda_0 = 10^{-6} \frac{1}{ч}$, $\lambda_k = \lambda_y = 10^{-5} \frac{1}{ч}$, $\lambda_0 = j\lambda_k$, $j=5,10$ приведены в таблице 4.

Таблица 4

Оценки вероятностей состояний ПМ

$P_i(t)$	$\frac{\lambda_0}{\lambda_k} = 5$ (числитель)				
	$\frac{\lambda_0}{\lambda_k} = 50$ (знаменатель)				
	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5
$P_0(t)$	$\frac{1.0000}{0.9994}$	$\frac{0.99}{0.9945}$	$\frac{0.99}{0.946}$	$\frac{0.9}{0.576}$	$\frac{0.36}{0.004}$
$P_1(t)$	$\frac{0.00002}{0.000018}$	$\frac{0.00018}{0.00019}$	$\frac{0.0018}{0.0018}$	$\frac{0.018}{0.011}$	$\frac{0.077}{0.00085}$
$P_2(t)$	$\frac{0.00005}{0.0005}$	$\frac{0.00005}{0.005}$	$\frac{0.005}{0.015}$	$\frac{0.046}{0.376}$	$\frac{0.23}{0.602}$
$P_3(t)$	$\frac{0.00002}{0.00001}$	$\frac{0.00019}{0.0001}$	$\frac{0.00199}{0.002}$	$\frac{0.019}{0.019}$	$\frac{0.12}{0.127}$
$P_4(t)$	$\frac{0.000001}{0.000003}$	$\frac{0.00001}{0.00002}$	$\frac{0.00015}{0.002}$	$\frac{0.0011}{0.0033}$	$\frac{0.021}{0.033}$
$P_5(t)$	$\frac{0.000003}{0.000028}$	$\frac{0.00004}{0.00005}$	$\frac{0.00037}{0.008}$	$\frac{0.0049}{0.0047}$	$\frac{0.029}{0.067}$

Полученные результаты (значения $P_i(t)$, $i = \overline{0,6}$, $K_s^0(S_i)$, $K_s^k(S_i)$ и значения π_j^i , $j = \overline{0,5}$, $i = \overline{0,5}$) позволяют найти потенциально достижимые значения коэффициентов $K_{S_{\Pi}}^0(t)$ и $K_{S_{\Pi}}^k(t)$ сохранения эффективности ПМ по обработке и коммутации, в произвольный момент времени t в соответствии со следующими выражениями

$$K_{S_0}^0(t) = P_0(t)[\pi_0^0 K_s^0(S_0^0) + \pi_0^1 K_s^0(S_0^1)] + P_1(t)\pi_1^1 K_s^0(S_1^1), \quad (6)$$

$$K_{S_0}^k(t) = \sum_{j=0,5} P_j(t) \sum_{S_j^i \in \{S_j^i\}_{S_j}} \pi_j^i K_s^k(S_j^i). \quad (7)$$

Выводы

Анализ полученных оценок и проведенные расчеты показывают, что $K_{S_{\Pi}}^0(t) < K_s^0(t)$, $K_{S_{\Pi}}^k(t) < K_s^k(t)$. Рост значений $K_s^0(t)$ и $K_s^k(t)$ относительно $K_{S_{\Pi}}^0(t)$ и $K_{S_{\Pi}}^k(t)$ стремительно увеличивается при

увеличении интенсивности потока сбоев компонентов процессорных модулей.

Поэтому актуален поиск методов реконфигурации процессорных сред, позволяющих:

– использовать для обработки и коммутации информации, циркулирующей в ОПС, ПМ, находящиеся в состояниях S_1, S_3, S_4, S_5 ;

– оценивать в реальном масштабе времени состояния ПМ, подверженных сбоям, и после окончания действия последних, настраивать ПМ на реализацию функций обработки и коммутации, максимизирующие значение $K_s^o(t)$ и $K_s^x(t)$.

Полученная оценка сохранения эффективности ПМ (выражения (4) – (7)) позволяет совершенствовать инструмент выбора методов реконфигурации ОПС и уменьшать издержки на разработку и применение ОПС.

Литература

1. *Сверхбольшие интегральные схемы и современная обработка сигналов: Пер. с англ. / Под ред. С. Гуна и др. – М.: Радио и связь, 1989. – 472 с.*
2. *Кун С. Матричные процессоры на СБИС: Пер. с англ. / С. Кун. – М.: Мир, 1991. – 672 с.*
3. *Харченко В.С. Использование частично работоспособных модулей при реконфигурации цифровых систем / В.С. Харченко, Н.П. Благодарный // Управление и связь – Х.: ХВУ, 1997. - С. 108-111.*

4. *Кориунов Ю.М. Математические основы кибернетики / Ю.М. Кориунов. -М.: Энергоатомиздат, 1987. – 496 с.*

5. *Благодарный Н.П. Оценки числа отказов и сбоев процессорных модулей матричных спецпроцессоров на активных интервалах применения / Н.П. Благодарный, М.Ф. Сидоренко, Б.В. Остроумов, Д.С. Троненко // Радиоэлектронні і комп'ютерні систем. - № 7(29). - 2009. - С.78-80.*

6. *Благодарный Н.П. Композиция частично работоспособных модулей в эквиваленты модулей отказоустойчивых процессорных сред / Н.П. Благодарный, С.Н. Колодий, И.Н. Кукелко // Сб. научн. трудов ХВУ - Вып. 25. - 1999. - С.57-62.*

7. *Харченко В.С. О реконфигурируемости цифровых систем / В.С. Харченко, Н.П. Благодарный // Электронное моделирование.-1998.-№ 6. - С.81-93.*

8. *Kharchenko V.S. A Reconfigurability of Fault-Tolerant Systems: the Measures, Algorithms and Modeling Technique / V.S. Kharchenko, V.V. Gostishchev, N.P. Blagodarny, V.A. Melnikov // Успехи современной радиоэлектроники. - 2002. - №5. – С.62-72.*

9. *Благодарный Н.П., Зигангирова Ю.М. Назначение рабочих модулей матричных спецпроцессоров реального времени / Н.П. Благодарный, Ю.М. Зигангирова // Системи обробки інформації. - 2002. - Вип. 5(21). - С.298-300.*

Поступила в редакцию 9.02.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф., Ю.В. Стасев, заместитель начальника Харьковского университета Воздушных Сил по учебной работе, Харьков.

МОДЕЛІ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ОДНОРІДНИХ ПРОЦЕСОРНИХ СЕРЕДОВИЩ

М.П. Благодарный

В статті пропонується рішення задачі оцінки ефективності процесорних модулів та однорідних процесорних середовищ (ОПС) на їх основі. Досліджується вплив потоків відказів та збоїв на зміну структури процесорних модулів та їх вплив на ефективність застосування однорідних процесорних середовищ. Отримана оцінка збереження ефективності процесорних модулів дозволяє удосконалювати інструмент вибору методів реконфігурації ОПС та зменшувати витрати на розробку та ОПС. Також в статті визначаються шляхи удосконалення методів реконфігурації сучасного та перспективного високоінтегрованого елементного базису обчислень.

Ключові слова: відказ, збій, процесорний модуль, реконфігурація, відказостійкість.

EFFICIENCY MODELS OF HOMOGENEOUS PROCESSOR ENVIRONMENTS USAGE

N.P. Blagodarnyy

The paper offers a solution to the task of processor modules efficiency estimation and homogenous processor environments efficiency estimation, that is done on the former bases. The influence of fault streams and failures on the change of processor modules structure, and their influence on efficiency of application of homogeneous processor environments is explored. The directions of further development of rearrangement methods, modern and long-term highly integrated calculations hardware component are defined.

Key words: refusal, failure, processor module, rearrangement, fault tolerance.

Благодарный Николай Петрович – к.т.н., доцент, доцент кафедры мехатроники Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: blag53@mail.ru.