



УКРАЇНА

(19) UA (11) 71083 (13) C2
(51) 7 H05K10/00, G06F11/18МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ТА РЕКОНФІГУРАЦІЇ РЕЗЕРВОВАНОЇ СИСТЕМИ

1

2

(21) 20040907548

(22) 16.09.2004

(24) 15.11.2004

(46) 15.11.2004, Бюл. № 11, 2004 р.

(72) Харченко Вячеслав Сергійович, Асідех Фатхі Алі

(73) Харченко Вячеслав Сергійович, Асідех Фатхі Алі

(56) SU 1734251 A1, МПК H05K 10/00, G06F 15/16, публ. 15.05.1992

SU 1748155 A1, МПК G06F 11/18, H05K 10/00, публ. 15.07.1992

SU 1800456 A1, МПК G06F 11/18, H05K 10/00, публ. 03.03.1993

RU 2058679 C1, МПК H05K 10/00, публ. 20.04.1996
RU 1819116, МПК H05K 10/00, G06F 11/18, публ. 10.12.1995

(57) Пристрій для контролю та реконфігурації резервованої системи, який має перший - четвертий резервовані блоки, перший та другий блоки порівняння, комутатор, причому вихід першого резервованого блоку з'єднаний з першим інформаційним входом комутатора і першим входом першого блоку порівняння, вихід другого резервованого блоку з'єднаний з другим входом першого блоку порівняння і другим інформаційним входом комутатора, вихід третього резервованого блоку з'єднаний з першим входом другого блоку порівняння і третім інформаційним входом комутатора, вихід четвертого резервованого блоку з'єднаний з другим входом другого блоку порівняння і четвертим інформаційним входом комутатора, вихід якого є інформаційним виходом пристрою, який **відрізняється** тим, що додатково містить третій блок порівняння, перший та другий регістри, перетворювач кодів керування і діагностування, блок дозволу

запису, блок відмови, вхід синхронізації та виходи відмов першої, другої підсистем, неконтрольованого функціонування та відмови системи, причому виходи першого і третього резервованих блоків з'єднані з першим і другим входами третього блоку порівняння відповідно, вихід першого блоку порівняння з'єднаний з першими інформаційними входами першого і другого регістрів і першим входом першої групи входів блоку дозволу запису, перший - третій виходи якого з'єднані з першим входом перетворювача кодів керування і діагностування, керуючими входами першого та другого регістрів відповідно, вихід другого блоку порівняння з'єднаний з другим входом першої групи входів блоку дозволу запису і другими інформаційними входами першого і другого регістрів, перший - третій виходи яких з'єднані з другим - сьомим входами перетворювача кодів керування і діагностування відповідно, вихід третього блоку порівняння з'єднаний з третім входом першої групи входів блоку дозволу запису і третіми інформаційними входами першого та другого регістрів, виходи синхронізації яких з'єднані з входом синхронізації пристрою, перший - третій виходи першого регістру з'єднані з першим - третім входами другої групи входів блоку дозволу запису відповідно, перший - шостий виходи групи керуючих виходів перетворювача кодів керування і діагностування з'єднані відповідно з першим - четвертим керуючими входами комутатора, першим і другим входами блоку відмов, вихід якого є виходом відмов системи пристрою, перший - третій діагностичні виходи перетворювача кодів керування і діагностування з'єднані з виходами відмов першої, другої підсистем і неконтрольованого функціонування пристрою відповідно.

Винахід відноситься до обчислювальної техніки і призначений для оперативного контролю працездатності, визначення відмов, реконфігурації резервованої системи і може бути використаний при побудові відмовостійких обчислювальних і

керуючих систем реального часу для критичних і бізнес-критичних додатків з багатоканальною дубльованою архітектурою. Таку архітектуру мають обчислювальні системи серії Continuum, FTServer,

(19) UA (11) 71083 (13) C2

що реалізуються за STRATUS-технологією фірми Hewlett Packard.

Відомий пристрій для реконфігурації резервованих блоків, що містить перший-четвертий резервовані блоки, шість блоків порівняння, чотири лічильники, регістр, комутатори даних і сигналів відмов, три елементи І та шість елементів АБО [А.с. СРСР №1748155, кл. G06F11.18, H05K10/00, 1992, БВ №26].

Недоліками відомого пристрою є: по-перше, велика складність засобів контролю та реконфігурації, обумовлена наявністю шести блоків порівняння, по-друге, низька відмовостійкість внаслідок неможливості використання ресурсу четвертого резервованого блоку для забезпечення працездатності системи (тобто працездатність системи забезпечується тільки при двох відмовах першого-третього резервованих блоків, оскільки вихід четвертого резервованого блоку не може бути зкомутований на вихід системи).

Відомий пристрій для контролю і реконфігурації резервованих блоків, що містить перший-четвертий резервовані блоки, три блоки порівняння, три додавачі, два перетворювачі кодів, регістр даних, генератор констант, мультиплексор, групу тригерів, три тригери, комутатори даних і відмов, мажоритарний елемент, два елементи І, три елементи АБО, елемент НІ [А.с. СРСР №1800456, кл. G06F11/18, H05K10/00, 1993, БВ №9].

Недоліками цього пристрою є: по-перше, обмежені функціональні можливості, обумовлені зорієнтованістю структури на спеціалізовану архітектуру обчислювальної системи, що будується за принципом "три-плюс-один" (де останній канал має іншу побудову на відміну від перших трьох). Це обмежує можливість його використання у системах, побудованих за STRATUS-технологією; по-друге, суттєвою складністю обладнання за рахунок використання додаткових додавачів та комутаторів даних. Цей недолік зростає при збільшенні розрядності даних і обумовлює низьку безвідмовність пристрою.

Найбільш близькими за технічною суттю і результатом, що досягається, є пристрій, що містить перший - четвертий резервовані блоки, перший і другий блоки порівняння, комутатор, причому вихід першого резервованого блоку з'єднаний з першим входом першого блоку порівняння, вихід якого з'єднаний з першим керуючим входом комутатора, вихід якого є виходом даних пристрою, вихід другого резервованого блоку з'єднаний з другим входом першого блоку порівняння, вихід якого з'єднаний з другим керуючим входом комутатора, вихід третього резервованого блоку з'єднаний з першим входом другого блоку порівняння і першим інформаційним входом комутатора, вихід четвертого резервованого блоку з'єднаний з другим входом другого блоку порівняння і другим інформаційним входом комутатора [див. Каган Б.М., Мкртумян И.Б. Основы эксплуатации ЭВМ. - М.: Энергоатомиздат, 1988. - С.118. - рис.4.17. - С.160-162. - рис.5.30]. Цей пристрій співпадає з пристроєм, який реалізується в STRATUS-архітектурах фірми HP (ряд Continuum, FTServer, <http://www.cpm.ru/product/stratus>, <http://www.ftserver.ru>).

Недоліком означеного пристрою є низька відмовостійкість (безвідмовність). При його застосуванні відмова двох довільних резервованих блоків з різних підсистем, що контролюються різними блоками порівняння, призводить до відмови системи. Тобто, в такій системі при наявності двох працездатних блоків (з різних підсистем) фіксується відмова системи в цілому, оскільки пристрій контролю і реконфігурації не забезпечує перебування системи на один з двох працездатних каналів. Ймовірність безвідмовної роботи (ЙБР) системи P_B^4 дорівнює:

$$P_B = [P_B^4 + 4P_B^3(1-P_B) + 2P_B^2(1-P_B)^2] P_K, \quad (1)$$

де P_B - ЙБР резервованого блоку; P_K - ЙБР засобів контролю і реконфігурації.

Відповідно ймовірність відмови визначається за формулою:

$$Q_B = 1 - P_B = 1 - [P_B^4 + 4P_B^3(1-P_B) + 2P_B^2(1-P_B)^2] P_K, \quad (2)$$

Іншим недоліком відомого пристрою є низька глибина діагностування, яка обумовлена неможливістю визначення технічного стану системи при відмовах резервованих блоків.

В основу винаходу поставлено задачу вдосконалити пристрій для контролю та реконфігурації резервованої системи шляхом введення нового складу елементів та нової організації взаємозв'язків між ними і на цій підставі:

- підвищити відмовостійкість (безвідмовність) за рахунок забезпечення працездатності системи при відмовах двох довільних резервованих блоків з чотирьох без використання повної множини парних порівнянь їх виходів;

- збільшити глибину діагностування завдяки здійсненню можливості достовірного визначення додаткових технічних станів (окрім відмов підсистем, тобто двох резервованих блоків з різних пар), а саме: відмов двох блоків з однієї пари, неконтрольованого функціонування, повної відмови - відмови трьох блоків.

Поставлене завдання вирішується тим, що пристрій для контролю та реконфігурації резервованої системи, який має перший-четвертий резервовані блоки, перший-другий блоки порівняння, комутатор, причому вихід першого резервованого блоку з'єднаний з першим інформаційним входом комутатора і першим входом першого блоку порівняння, вихід другого резервованого блоку з'єднаний з другим входом першого блоку порівняння і другим інформаційним входом комутатора, вихід третього резервованого блоку з'єднаний з першим входом другого блоку порівняння і третім інформаційним входом комутатора, вихід четвертого резервованого блоку з'єднаний з другим входом другого блоку порівняння і четвертим інформаційним входом комутатора, вихід якого є інформаційним виходом пристрою, згідно з винаходом додатково містить третій блок порівняння, перший-другий регістри, перетворювач кодів керування і діагностування, блок дозволу запису, блок відмови, вхід синхронізації та виходи відмов першої, другої підсистем, неконтрольованого функціонування та відмови системи, причому виходи першого і третього резервованих блоків з'єднані з першим і другим входами третього блоку порівняння

відповідно, вихід першого блоку порівняння з'єднаний з першими інформаційними входами першого і другого регістрів і першим входом першої групи входів блоку дозволу запису, перший-третій виходи якого з'єднані з першим входом перетворювача кодів керування і діагностування, керуючими входами першого та другого регістрів відповідно, вихід другого блоку порівняння з'єднаний з другим входом першої групи входів блоку дозволу запису і другими інформаційними входами першого і другого регістрів, перший-третій виходи яких з'єднані з другим-сьомим входами перетворювача кодів керування і діагностування відповідно, вихід третього блоку порівняння з'єднаний з третім входом першої групи входів блоку дозволу запису і третіми інформаційними входами першого та другого регістрів, входи синхронізації яких з'єднані з входом синхронізації пристрою, перший третій виходи першого регістру з'єднані з першим-третьом входами другої групи входів блоку дозволу запису відповідно, перший-шостий виходи групи керуючих виходів перетворювача кодів керування і діагностування з'єднані відповідно з першим-четвертим керуючими входами комутатора, першим і другим входами блоку відмов, вихід якого є виходом відмов системи пристрою, перший-третій діагностичні виходи перетворювача кодів керування і діагностування з'єднані з виходами відмов першої, другої підсистем і неконтрольованого функціонування пристрою відповідно.

Введення означених нових елементів і нової організації взаємозв'язків забезпечує підвищення відмовостійкості системи, яка може бути визначена за формулою:

$$P_B = [P_B^4 + 4P_B^3(1-P_B) + 6P_B^2(1-P_B)^2] P_{KB}, \quad (3)$$

де P_{KB} - йБР засобів контролю і реконфігурації винаходу.

Відповідно ймовірність відмови визначається:

$$Q_B = 1 - [P_B^4 + 4P_B^3(1-P_B) + 6P_B^2(1-P_B)^2] P_{KB}, \quad (4)$$

Якщо урахувати, що для високонадійних систем

$$q_B = (1-P_B) \gg q_B^2 \gg q_B^3 \gg q_B^4,$$

і те що $q_K = 1-P_K < q_B$, $q_{KB} = 1-P_{KB} < q_B$ формули (2) і (4) перетворюються наступним чином:

$$\begin{cases} Q_P \approx 4q_B^2 + q_K, \\ Q_B \approx 4q_B^3 + q_{KB}. \end{cases} \quad (5)$$

Тоді з урахуванням (5) маємо вираз для показника збільшення відмовостійкості (безвідмовності):

$$\delta Q = \frac{4q_B^2 + q_K}{4q_B^3 + q_{KB}}, \quad (6)$$

Якщо не урахувати безвідмовність власне засобів контролю та реконфігурації, то збільшення відмовостійкості за цим показником зворотно пропорційна ймовірності відмови резервного блоку. При $q_B = 10^{-2}$, $\delta Q = 100$, тобто використання пристрою забезпечить зменшення ймовірності відмови на два порядки.

Підвищення глибини діагностування забезпечується на різницю між потужностями множин тех-

нічних станів, що ідентифікуються відомим і запропонованим пристроями. Для одиничних відмов у запропонованому пристрої ідентифікуються відмови усіх чотирьох блоків, а у відомому - ні одного; для двократних відмов у запропонованому пристрої ідентифікуються шість з дванадцяти відмов - з ймовірністю "1", чотири - з ймовірністю "0,5", дві - не ідентифікуються, а у відомому - ні одна. Це підтверджується наведеною нижче таблицею станів пристрою.

На Фіг.1 представлена функціональна схема пристрою для контролю та реконфігурації резервованої системи, на Фіг.2-4 - функціональні схеми перетворювача кодів керування і діагностування, блоку дозволу запису і блоку відмов відповідно. Таблицю станів резервованих блоків прирізній послідовності відмов надано на Фіг.5, а часову діаграму роботи пристрою - на Фіг.6.

Пристрій для контролю та реконфігурації резервованої системи містить перший 1 - четвертий 4 резервовані блоки, перший 5 - третій 7 блоки порівняння, перший 8 і другий 9 регістри, перетворювач 10 кодів керування і діагностування, блок 11 дозволу запису, блок 12 відмови, комутатор 13, який складається з першого 14 - четвертого 17 шинних формувачів - керованих багаторозрядних елементів і з третім станом, вхід 18 синхронізації, інформаційний вихід 19, виходи відмов першої 20, другої 21 підсистем, неконтрольованого функціонування 22 та відмови системи 23.

Вихід першого резервованого блоку 1 з'єднаний з першим інформаційним входом комутатора 13, першим входом першого блоку 5 порівняння, вихід другого резервованого блоку 2 з'єднаний з другим входом першого блоку 5 порівняння і другим інформаційним входом комутатора 13, вихід третього резервованого блоку 3 з'єднаний з першим входом другого блоку порівняння 6 і третім інформаційним входом комутатора 13, вихід четвертого резервованого блоку 4 з'єднаний з входом другого блоку порівняння 6 і четвертим інформаційним входом комутатора 13, вихід якого є інформаційним виходом 19 пристрою, виходи першого 1 і третього 3 резервованих блоків з'єднані з першим і другим входами третього блоку порівняння 7 відповідно, вихід першого блоку 5 порівняння з'єднаний з першими інформаційними входами першого 8 і другого 9 регістрів і першим входом першої групи входів блоку 11 дозволу запису, перший 25.1-третій 25.3 виходи якого з'єднані з першим входом перетворювача кодів 10 керування і діагностування, керуючими входами першого 8 та другого 9 регістрів відповідно, вихід другого блоку порівняння 6 з'єднаний з другим входом першої групи входів блоку 11 дозволу запису і другими інформаційними входами регістрів 8 і 9, перший-третій виходи яких з'єднані з другим-сьомим входами перетворювача кодів 10 керування і діагностування відповідно, вихід третього блоку порівняння 7 з'єднаний з третім входом першої групи входів блоку 11 дозволу запису і третіми інформаційними входами першого 8 та другого 9 регістрів, входи синхронізації яких з'єднані з входом 18 синхронізації пристрою, перший третій виходи першого регістру з'єднані з першим-третьом входами другої групи входів блоку 11 дозволу запису відповід-

но, перший 24.1-шостий 24.6 виходи групи керуючих виходів перетворювача кодів 10 керування і діагностування з'єднані відповідно з першим-четвертим керуючими входами комутатора 13, першим і другим входами блоку 12 відмов, вихід якого є виходом 23 відмов системи пристрою, перший-третій діагностичні виходи перетворювача кодів 10 керування і діагностування з'єднані з виходами відмов першої 20, другої 21 підсистем і неконтрольованого функціонування 22 пристрою відповідно.

Перетворювач кодів 10 керування і діагностування (Фіг.2) містить перший 26 і другий 27 дешифратори, перший 28 - чотирнадцятий 41 елементи І, перший 42 - п'ятий 46 елементи АБО. Перший вхід перетворювача з'єднаний з першим входом першого елементу І 28, другий-сьомий входи - з першим-третім входами першого 26 - другого 27 дешифраторів відповідно. Перший-п'ятий виходи дешифратора 26 з'єднані з першими входами другого 29 - шостого 33 елементів І. Вихід першого елементу І 28 з'єднаний з першими входами сьомого 34 - чотирнадцятого елементів І. Перший вихід другого дешифратора 27 з'єднаний з другими входами другого 29 - шостого 33 елементів І. Другий-п'ятий виходи першого 26 і другого 27 дешифраторів з'єднані відповідними другими і третіми входами сьомого 34 - чотирнадцятого 41 елементів І. Другий-п'ятий виходи другого дешифратора 27 з'єднані з відповідними першим і другим входами першого елементу АБО 42, першим-третім входами другого елементу АБО 43, першим входом четвертого елементу АБО 44, другий вхід якого з'єднаний з виходом третього елементу АБО 43, а вихід - з другим входом першого елементу І 28, п'ятий вихід першого дешифратора 26, виходи другого 29 - чотирнадцятого 41 елементів І з'єднані з відповідними першим-дев'ятим входами четвертого елементу АБО 45 і першим-четвертим входами п'ятого елементу АБО 46, виходи третього 45, четвертого 46 елементів АБО, тринадцятого 40 і чотирнадцятого 41 елементів І, другого елементу АБО 43 і п'ятий вихід другого дешифратора 27 з'єднані з першим 24.1-шостим 24.6 виходами групи виходів керування перетворювача 10, виходи восьмого 35, одинадцятого 38 елементів І і першого елементу АБО 42 з'єднані з першим 12 - третім 21 виходами групи виходів діагностування.

Блок 11 дозволу запису (Фіг.3) містить елемент порівняння 47, елемент І 48, елементи АБО 49, НІ 50. Перший-третій входи першої та другої груп входів блоку 11 з'єднані відповідно з першими третіми входами першої та другої групи входів елементу порівняння 47, вихід якого з'єднаний з першим входом елементу І 48. Перший-третій входи другої групи входів блоку 11 через елемент АБО 49 з'єднані з першим виходом 25.1 блоку 11 і через елемент НІ 50 і другий вхід елементу І 48 з другим 25.2 і третім 25.3 виходами блоку 11 відповідно.

Блок 12 відмови системи (Фіг.4) містить перший 51 і другий 52 тригери, перший і другий 54 одиніватори, елемент І 55. Перший 14.5 і другий 24.6 входи блоку 12 через перший 53 і другий 54 одиніватори з'єднані з одиничним входом першого тригера 51 і першим входом елементу І 55,

другий вхід якого з'єднаний з одиничним виходом першого тригера 51, а вихід - з одиничним входом другого тригера 52, вихід якого є виходом блоку 12.

На Фіг.5 позначки K_{11} , K_{12} , K_{21} , K_{22} відповідають резервованим блокам 1-4, код відмови $\langle \alpha_3 \alpha_2 \alpha_1 \rangle$ - виходам блоків порівняння 5-7 відповідно, код комутації $\langle \omega_4 \omega_3 \omega_2 \omega_1 \rangle$ - сигналам на першому-четвертому керуючих входах комутатора 13 (виходах 24.1-24.4 перетворювача кодів 10), код діагностування $\langle d_4 d_3 d_2 d_1 \rangle$ сигналам на виходах 20-23 (перетворювача кодів 10 і блоку відмови 12). Позначчі НФ відповідає стан неконтрольованого функціонування, ПС 1, 2 - відмови першої та другої підсистем, що складається з першого 1, другого 2 і третього 3, четвертого 4 резервованих блоків відповідно.

Позначки на Фіг.6 відповідають позначкам на Фіг.1 (виходам відповідних елементів).

Перший 1(3) і другий 2(4) резервовані блоки утворюють пари резервованої системи - першу (другу) підсистему. Перший 5 і другий 6 блоки порівняння призначені для контролю працездатності відповідно першої і другої підсистем.

Третій блок 7 порівняння забезпечує контроль резервованих блоків різних підсистем. Перший регістр 8 призначений для запису значення коду відмови $\langle \alpha_3 \alpha_2 \alpha_1 \rangle$ - першої відмови одного з резервованих блоків 1-4. Другий регістр 9 використовується для запису і збереження коду $\langle \alpha_3 \alpha_2 \alpha_1 \rangle$ другої відмови. Запис інформації в регістри 8 і 9 здійснюється за синхроімпульсами на вході 18 (див. Фіг.6), по їх задньому фронту при наявності одиничного сигналу на керуючих входах V регістрів.

Перетворювач кодів 10 забезпечує формування кодів керування комутатором 13, блоком відмови системи та видачі на вихід пристрою 20-22 діагностичних сигналів. Ці коди формуються відповідно до таблиці станів (Фіг.5).

Дешифратор 26 (Фіг.2) декодує код першої відмови, дешифратор 27 - код другої відмови. Код керування комутатором $\langle \omega_4 \omega_3 \omega_2 \omega_1 \rangle$ формується на виходах 26.1-26.4 відповідно елементами АБО 45 і 46, 1 40 і 41. Наприклад, якщо першим відмовив резервований блок 2 (канал K_{12} , код $\langle 001 \rangle$, рядок 6 таблиці, Фіг.5), дешифратор 26 формує одиничний сигнал на другому виході (вихід "1"). Це призводить до появи одиничного сигналу на виході елементу І 30 (оскільки на його другому вході присутній високий потенціал з першого виходу (виходу "0") дешифратору 27), елементу АБО 46 і виході 24.2, тобто формується код комутації $\langle 0010 \rangle$ для підключення на вихід блоку 3. Якщо після цього відмовить резервований блок 4 (канал K_{22} , код $\langle 011 \rangle$, рядок 6 таблиці, Фіг.5), на другому виході (виході "3") дешифратора 27 з'являється високий потенціал і спрацює елемент І 31. Елемент І 28 формує одинарний сигнал як тільки з'являється одиничний сигнал на виходах "3", "5", "6", "7" дешифратору 27, тобто після запису коду другої відмови. Спрацювання елементу І 31 призводить до формування одиничного сигналу на виході

елементу АБО 45 і виході 24.1 блоку 10. Таким чином, на вихід пристрою комутується вихід резервованого блоку 1 (K_{11}). При цьому також спрацьовує елемент АБО 42 і формується одиночний сигнал на виході 21 - сигнал діагностування "неконтрольоване функціонування". Цей сигнал видається, оскільки надалі працездатність каналу K_{11} (резервованого блоку 1) не контролюється блоками порівняння. Сигнали на виходах 19 і 20 формуються елементами І 35 та І 36 при відмовах першої і другої підсистем (рядки 4 і 12 таблиці станів, Фіг.5 відповідно). Другі за виникненням відмови першої підсистеми у послідовності блок 1 (K_{11}) - блок 2 (K_{12}), рядок 1 (Фіг.5), та другої підсистеми у послідовності блок 3 (K_{21}) - блок 4 (K_{22}), рядок 9 (Фіг.5), не фіксуються.

Одиночні сигнали ω_3 і ω_4 виходах 24.3 і 24.4 елементами І 40 і 41 відповідно формуються при послідовностях відмов блок 1 (K_{11}) - блок 3 (K_{21}), блок 1 (K_{11}) - блок 4 (K_{22}), рядки 2, 3 таблиці станів і блок 3 (K_{21}) - блок 1 (K_{11}), блок 3 (K_{21}) - блок 2 (K_{12}), рядки 7, 8 таблиці станів (Фіг.5).

Блок 11 призначений для керування записом кодів відмов у регістри 8, 9, а також формування кодів перетворювачем 10.

Блок 11 (Фіг.3) формує одиничний сигнал елементом АБО 49 - на виході 25.1 при наявності одиночних сигналів на виходах регістру 8 після запису коду першої відмови. При цьому елемент НІ 50 видає нульовий сигнал на виході 25.2, блокуючи запис інформації (зміну коду) у регістрі 8. Крім того, частково відкривається елемент І 48, який спрацьовує після зміни коду на першій групі входів блоку 11. Це має місце після другої відмови і формування одиночного сигналу елементом порівняння 48. Одиночний сигнал з виходу 25.3 елемента І 48 дозволяє запис у регістр 9.

Блок 12 відмови системи (Фіг.4) формує одиночний сигнал після того, як:

- з'являються одиночні сигнали на одному з виходів "3", "5" або "6" дешифратора 27 і елементу АБО 48 перетворювача 10 і спрацьовує одинівibrator 51 і тригер 51 (Фіг.6);

- виникає третя відмова, внаслідок чого формується одиночний сигнал на виході "7" дешифратора 27 і виході 24.6, і спрацьовує одинівibrator 54 та елемент І 55 та переходить у одиночний стан тригер 52. Така ситуація виникає, коли були дві відмови, що описуються рядками 1, 4, 6, 9, 11 і 12 таблиці станів (Фіг.5) і після цього відмовляє ще один резервований блок. Це призводить до появи коду $\alpha_3 = \alpha_2 = \alpha_1 = 1$ і видачі сигналу відмови системи $d_4 = 1$ (у таблиці станів не показано). Комутатор 13 забезпечує підключення на вихід пристрою шини даних 19 вихід одного з резервованих блоків 1-4 відповідно до сигналів керування 24.1-24.3 ($\omega_4 - \omega_1$).

Пристрій для контролю та реконфігурації резервованої системи працює у чотирьох режимах:

1) відсутності відмов резервованих блоків - каналів системи;

2) першій відмові одного з каналів;

3) другій відмові;

4) третій відмові - відмові системи.

Початковий стан пристрою характеризується нульовим станом всіх елементів пам'яті (регістрів 8, 9, тригерів блоку 12). Ланцюги установаження нульового стану цих елементів на схемах умовно не показані.

Пристрій працює за синхроімпульсами на вході 18 (Фіг.6). Вони подаються на вхід в моменти часу після зміни інформації на виходах резервованих блоків.

Режим 1. За відсутністю відмов спрацьовує елемент І 29, АБО 45 і на вихід 19 пристрою комутується вихід резервованого блоку 1. У цьому режимі пристрій та система в цілому працюють далі, поки працездатними залишаються усі канали.

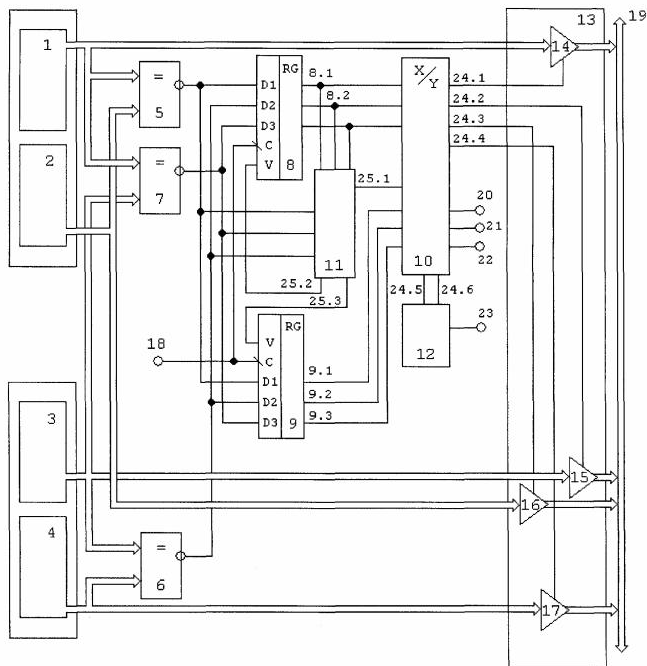
Режим 2. При виникненні першої відмови (наприклад, блоку 1) у регістрі 8 записується код (<101>), а на вихід комутується вихід відповідного працездатного каналу (K_{21} , блок 3, внаслідок спрацювання елемента І 32, АБО 46). Крім того, блокується подальший запис інформації у регістр 8 внаслідок нульового сигналу на виході 25.2.

Режим 3. При виникненні другої відмови змінюється код на виходах блоків порівняння 5-7. Це призводить до появи одиночного сигналу на вході 25.3 блоку 11 і запису коду відмови у регістр 9. Відповідно до цього коду перетворювач 10 формує код керування комутатором 13. Якщо другим відмовив резервований блок 3 (K_{21}), то на вихід 9 пристрою комутується вихід блоку 2. Це забезпечується формуванням одиночного сигналу елементом 140 (вихід 24.3 перетворювача 10).

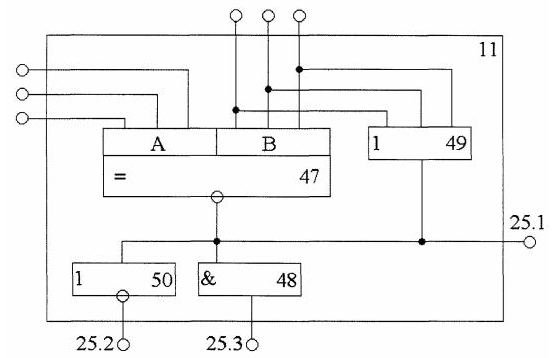
У цьому режимі можуть формуватись також сигнали відмов підсистем та неконтрольованого функціонування відповідно до таблиці станів (Фіг.5).

Режим 4. Якщо у системі відмовляє третій резервований блок, то можливе формування узагальненого сигналу відмови системи блоком 12 на виході 23. Це має місце за відповідних послідовностей відмов резервованих блоків, які описуються рядками 1, 4, 6, 9, 11 і 12 таблиці станів (Фіг.5). Вони характеризуються тим, що за другої відмови не всі змінні α_i , $i = 1, 2, 3$, дорівнюють одиниці. Таким чином, коли виникає третя відмова, ці змінні всі будуть дорівнювати одиниці, а це призведе до видачі сигналу на виході 24.6 на виході блоку 10, а потім 23 блоку 12.

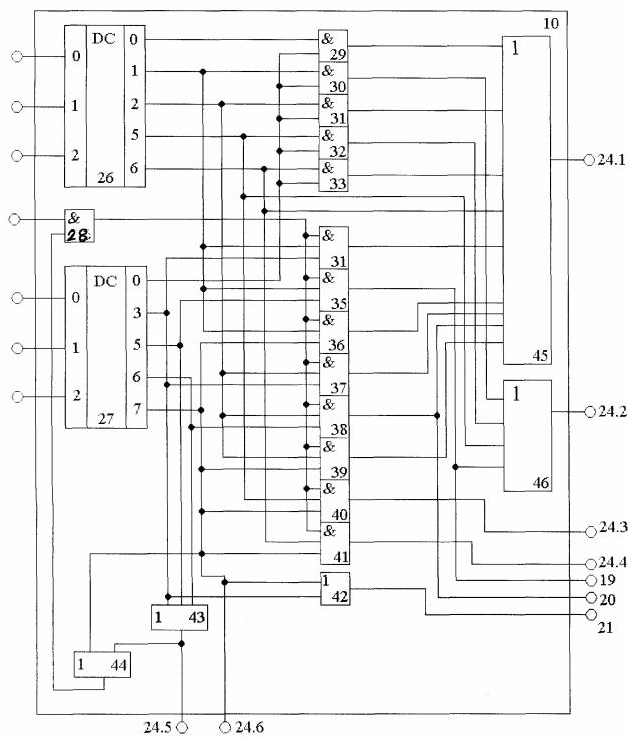
Пристрій може бути вбудований в стандартну архітектуру багатоканальної дубльованої обчислювальної системи, побудованої, наприклад, за STRATUS-технологією. При відновленні працездатності системи проводиться установка у відповідний (нульовий) стан елементів пам'яті даного пристрою.



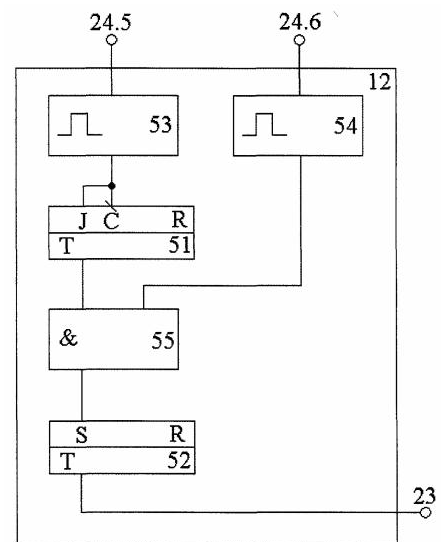
Φir.1



Φir.3



Φir.2

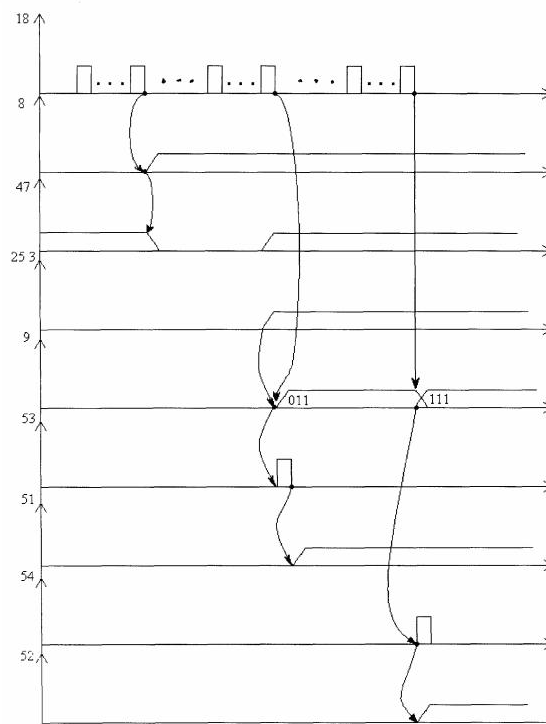


Φir.4

Пристрій для контролю та реконфігурації резервованої системи

№ ситуації	Перша відмова				Друга відмова				Діагностичні сигнали	
	Канал, що відмовив K_{1i}	Код відмови <d ₁ d ₂ d ₃ d ₄ >	Код комутації <а ₁ а ₂ а ₃ а ₄ >	Вихід пристрою K_{2i}	Канал, що відмовив K_{1i}	Код відмови <d ₁ d ₂ d ₃ d ₄ >	Код комутації <а ₁ а ₂ а ₃ а ₄ >	Вихід пристрою K_{2i}	Код <d ₁ d ₂ d ₃ d ₄ >	Примітка
1	K_{11}	101	0010	K_{21}	K_{12}	101	0010	K_{21}	0001	Відмова ПС1
2	K_{11}	101	0010	K_{21}	K_{21}	111	0100	K_{12}	0100	НФ
3	K_{11}	101	0010	K_{21}	K_{22}	111	0100	K_{12}	0100	НФ
4	K_{12}	001	0010	K_{21}	K_{11}	101	0010	K_{21}	0001	Відмова ПС1
5	K_{12}	001	0010	K_{21}	K_{21}	111	0001	K_{11}	0100	НФ
6	K_{12}	001	0010	K_{21}	K_{22}	011	0001	K_{11}	0100	НФ
7	K_{21}	110	0001	K_{11}	K_{11}	111	1000	K_{22}	0100	НФ
8	K_{21}	110	0001	K_{11}	K_{12}	111	1000	K_{22}	0100	НФ
9	K_{21}	110	0001	K_{11}	K_{22}	110	0001	K_{11}	0010	Відмова ПС2
10	K_{22}	010	0001	K_{11}	K_{11}	111	0010	K_{21}	0100	НФ
11	K_{22}	010	0001	K_{11}	K_{12}	011	0001	K_{11}	0100	НФ
12	K_{22}	010	0001	K_{11}	K_{21}	110	0001	K_{11}	0010	Відмова ПС2

Фиг.5



Фиг.6