

УДК 621.396.6.019.3

Богдан Волочій, Любов Грабовенська, Леонід Озірковський  
 Національний університет “Львівська політехніка”,  
 кафедра теоретичної радіотехніки та радіовимірювань

## ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРНО-АВТОМАТНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ПОБУДОВИ НАДІЙНІСНОЇ МОДЕЛІ ВІДМОВОСТІЙКОЇ СИСТЕМИ ЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ

© Волочій Богдан, Грабовенська Любов, Озірковський Леонід, 2001

У статті описано підхід, в якому розробці структурно-автоматної моделі передують формування алгоритму поведінки відмовостійкої системи логічного управління після появи в ній відмови. Для відмовостійкої системи логічного управління, технічне рішення якої не має математичної надійнісної моделі, розроблено структурно-автоматну модель. Наведена структурно-автоматна модель дозволяє отримати марковську надійнісну модель для представленого технічного рішення.

**This article presents the approach, in which the formation of algorithm of behaviour of fault-tolerant system with logical management after appearance of refusal in it precedes the development of structural-automatic model. The structural-automatic model is designed for fault-tolerant system of logical management, technical solution of which has no mathematic model of reliable. That structural-automatic model, which was designed, allows to get markov model of reliable for represented technical solution.**

Проектуючи радіоелектронні комплекси (РЕК) та їх системи важливим завданням є забезпечення заданого рівня їх надійності, адже вихід з ладу тієї чи іншої підсистеми може призвести до зриву виконання відповідальних завдань, значних матеріальних збитків тощо.

У міру зростання вимог до надійності систем у практиці проектування час від часу формуються нові способи забезпечення заданого рівня надійності, які породжують відповідні відмовостійкі структури. Однак не завжди існує методика розрахунку показників їх надійності, а якщо існує, то вона є наближеною і не враховує всіх новацій у засобах забезпечення відмовостійкості.

При формуванні складу РЕК обов'язковим і відповідальним елементом є система логічного управління. У таких системах потрібний рівень надійності забезпечується введенням суттєвого надлишкового ресурсу, який і визначає рівень відмовостійкості. На рис. 1 показана структурна схема відмовостійкої системи логічного управління [1], яка складається з  $N$  ядер, кожне ядро своєю чергою складається з  $M$  блоків і  $K$  резервних блоків. Ядра працюють паралельно, чим забезпечується безперервна робота всієї системи при відмові одного з ядер. Резервні блоки замінюють будь-який з блоків у кожному з  $N$  ядер. Блоки, які утворюють ядро, працюють на відновлювальний орган (ВО). Спеціальний блок – детектор розузгодження (ДР) порівнює сигнали з ВО і сигнали з кожного блока ядра. При їх збігу ДР видає сигнал в схему перемикачання, яка відключає блок, що відмовив, і підключає замість нього резервний блок. Система вважається справною, поки справне хоча би одне ядро, а ядро своєю чергою вважається справним, коли є справними хоча би  $F$  блоків ( $M > F$ ).

У відомих нам інформаційних джерелах методики розрахунку показників надійності системи з таким надлишковим ресурсом немає. Є відомою методологія надійнісного аналізу відмовостійких структур, яка свідчить про те, що треба визначити всі можливі стани, в яких може перебувати система і встановити всі напрямки переходів між цими станами. Поведінку такої системи при порушеннях працездатності прийнято представляти графом станів і переходів, за яким формується математична модель, яка дозволяє отримати показники надійності. Ця математична модель представлена системою диференціальних рівнянь Колмогорова–Чепмена.

Проблема полягає в тому, як безпомилково за обмежений час сформувати граф станів і переходів для конкретної складної відмовостійкої структури. У роботі [2] описана методика формалізації побудови такого графа станів і переходів, яка дозволяє автоматизувати побудову моделі. Ця методика на першому етапі створення математичної моделі передбачає розробку структурно-автоматної моделі (САМ). При розробці САМ необхідно розв'язати такі задачі: сформувати вектор стану (ВС); визначити події, які відбуваються у відмовостійкій структурі після виникнення порушення працездатності; сформувати умови, за яких відбуваються відповідні події; сформувати формули розрахунку інтенсивностей переходів із стану в стан; сформувати формули розрахунку ймовірностей альтернативних переходів; встановити правила модифікації вектора стану. Правила модифікації вектора стану представляють собою константи або формули, за якими змінюються відповідні компоненти ВС під час генерування моделі у вигляді графа станів і переходів.

Безпомилкове розв'язання цих задач можна здійснити за допомогою алгоритму поведінки відмовостійкої системи після появи порушення працездатності. Побудова блок-схеми алгоритму поведінки дає можливість наглядно побачити всі особливості, які мають бути відображені в САМ. Для відмовостійкої системи логічного управління, зображеної на рис. 1, блок-схема алгоритму поведінки показана на рис. 2. В алгоритмі відображена циклічна перевірка справності кожного блока в кожному ядрі. Незбіг сигналів з  $i$ -го блока і з виходу ВО свідчить про відмову відповідного блока. За наявності справного блока в резерві, блок, що відмовив, замінюється резервним з певною ймовірністю правильного виконання процедури комутації, інакше перевіряється, чи кількість блоків в основній конфігурації не є меншою від допустимого значення. Якщо є меншою, то це свідчить про відмову  $l$ -го ядра і система переходить до перевірки справності блоків наступного ядра. У цій системі можлива також така подія, як ремонт несправного блока. Кількість відновлень є обмеженою. Якщо кількість справних блоків в резерві є меншою за початкову і кількість проведених ремонтів не більша від максимального значення, то з певною ймовірністю можливе відновлення несправного блока. Критерієм відмови системи є відмова останнього справного ядра.

Вектор стану для даної системи сформований з таких компонент:  $V_1$  – кількість блоків в ядрі;  $V_2$  – кількість блоків у резерві;  $V_3$  – кількість відновлень;  $V_4$  – стан комутатора;  $V_5$  – кількість ядер.

Користуючись блок-схемою алгоритму поведінки системи при появі відмов визначаються всі події, які можуть відбутися в даній системі, а саме:

- відмова блока за умови, що кількість справних блоків була більшою за мінімально допустиму;
- підключення резерву, якщо він був наявний і спрацював комутатор;
- відновлення несправного блока, яке можливе за умови наявності несправних блоків і кількості відновлень, меншої  $S$ ;

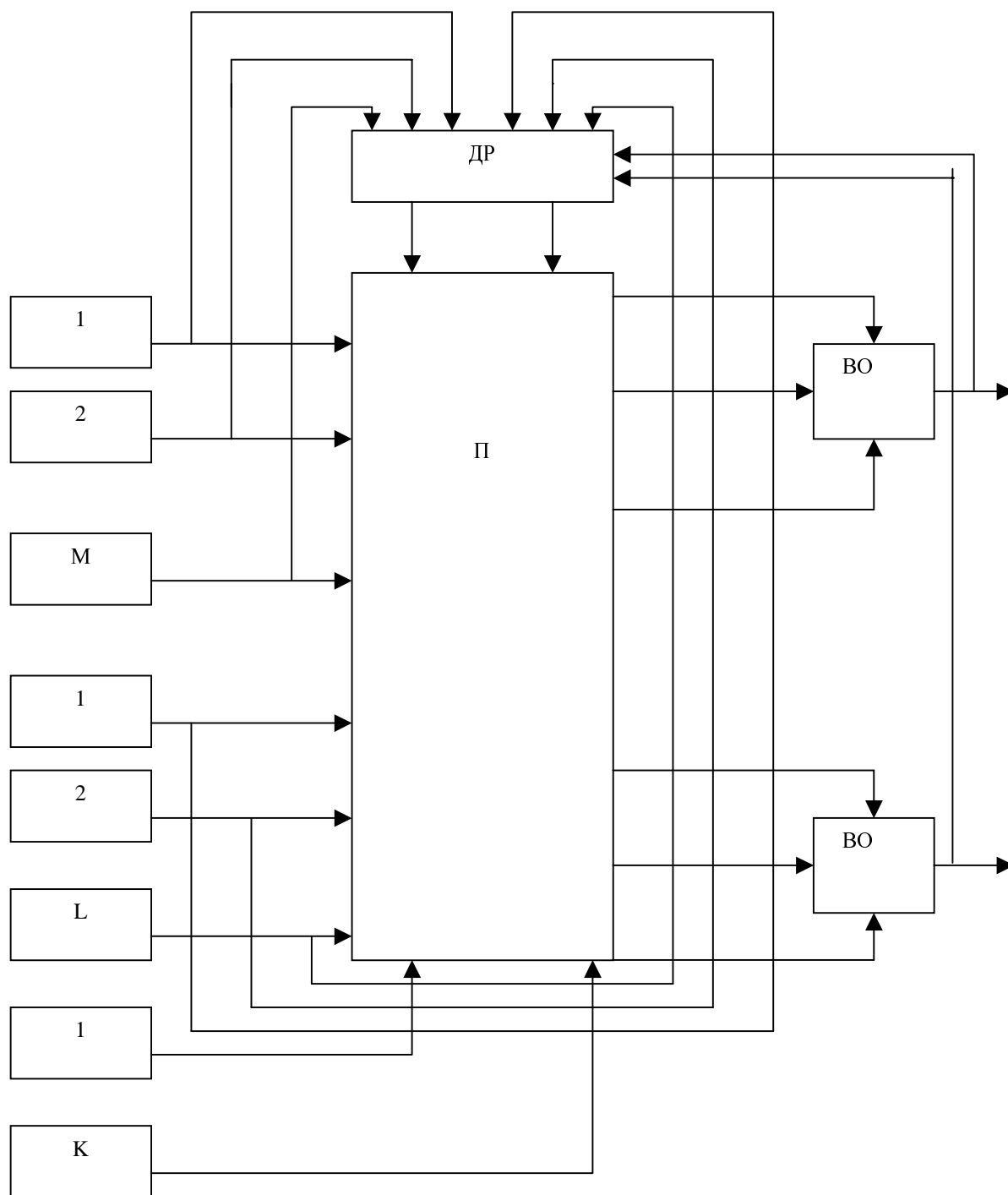


Рис. 1. Структурна схема відмовостійкої системи логічного управління

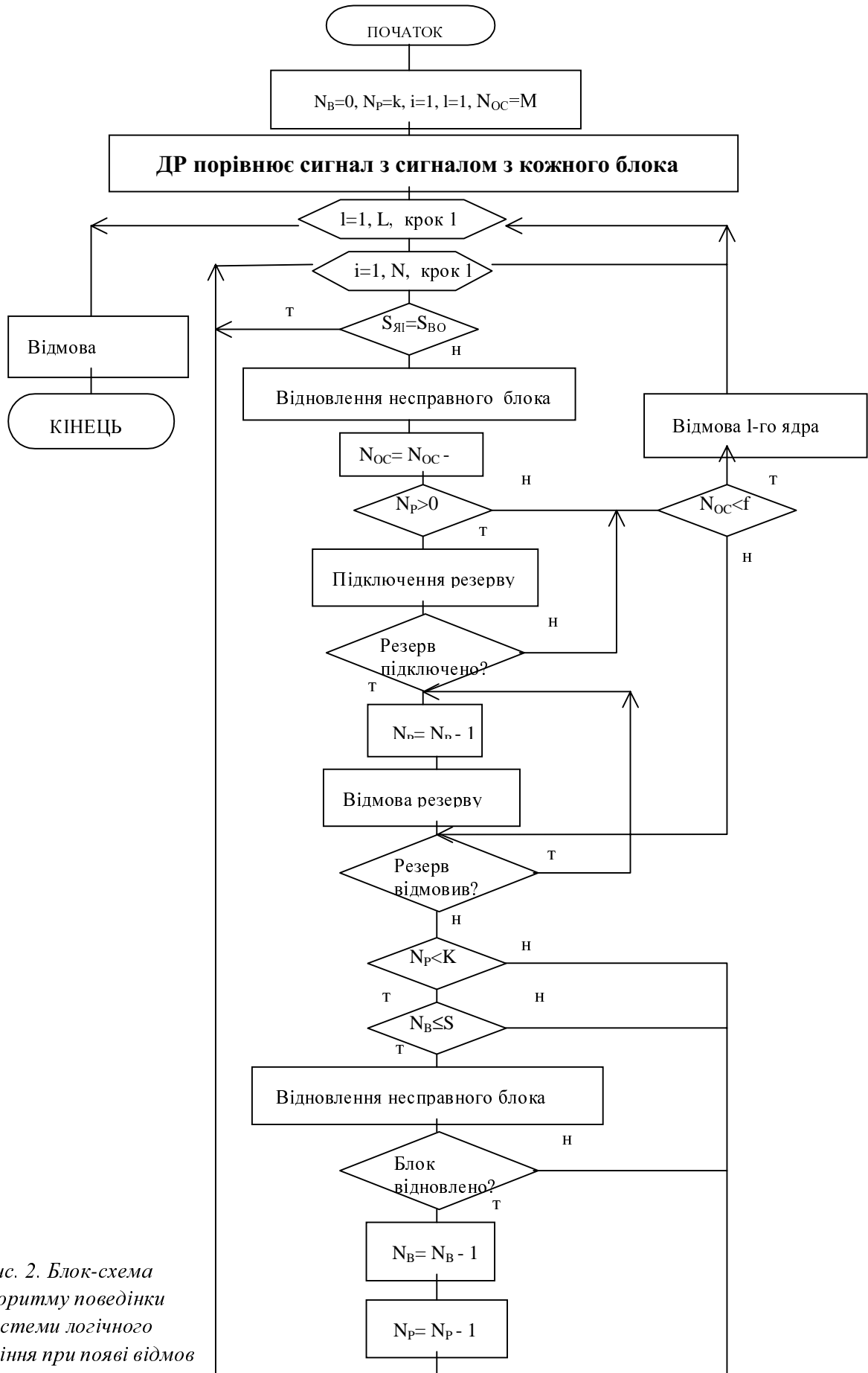


Рис. 2. Блок-схема алгоритму поведінки системи логічного управління при появі відмов

- відмова резерву, якщо він є;
  - відмова ядра, якщо кількість блоків в ядрі менша за допустиму.
- Критерієм відмови системи є відсутність справних ядер і блоків у резерві.

Визначені формули розрахунку інтенсивностей переходів із стану в стан, формули розрахунку ймовірностей альтернативних переходів, правила модифікації вектора стану наведені в таблиці, яка і представляє собою структурно-автоматну модель розглянутої відмовостійкої системи логічного управління.

### Структурно-автоматна модель відмовостійкої системи логічного управління

Події	Умови	ФРІП	ФРІАП	ПМВС
Відмова блока	$V1 > f$	$V1 * \lambda_{\text{БЛ}}$	1	$V4 := 2; V1 := V1 - 1$
Підключення резерву	$(V4 = 2) \text{ and } (V2 > 0)$	$1/T_K$	$P_K$	$V4 := 1; V2 := V2 - 1;$ $V1 := V1 + 1$
Відмова резерву	$V2 > 0$	$\lambda_p$	1	$V2 := V2 - 1$
Ремонт блока	$(V2 < K) \text{ and } (V3 \leq S)$	$1/T_B$	$P_B$	$V2 := V2 + 1; V3 := V3 + 1;$ $V1 := V1 + 1$
Відмова ядра	$(V5 > 0) \text{ and } (V1 = f)$	$f * \lambda_{\text{БЛ}}$	1	$V5 := V5 - 1$
Критерій відмови	$V5 = 0$			

Подальша процедура побудови математичної моделі системи є повністю автоматизованою: на основі САМ формується моделююча програма, генерується граф станів і переходів, а на основі отриманого графа формується система диференціальних рівнянь Колмогорова-Чепмена. Розв'язок системи диференціальних рівнянь дає розподіл ймовірностей перебування в станах, з якого визначаються відповідні показники надійності.

1. Арсеньев Ю.Н., Журавлев В.М. Проектирование систем логического управления на микропроцессорных средствах. – М., 1991. – 319 с. 2. Беляев В.П., Волочий Б.Ю., Мандзий Б.А. Автоматизация построения надежностных моделей отказоустойчивых РЭС // Автоматизация проектирования. – М., – 1994. – № 2 – 3. – С. 73 – 81.