

І.С. Дмитрієва

## **ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ЗА ПОКАЗНИКАМИ НАДІЙНОСТІ ДВОХ ВАРІАНТІВ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ ДУПЛЕКСНОЇ СТРУКТУРИ КОНТРОЛЕРІВ ПО СТАНАМ З ВІДНОВЛЕННЯМ**

*Анотація. Робота присвячена порівнянню двох варіантів роботи дуплексної структури контролерів для розроблених методів оцінки надійності та відмовостійкості багатоканальних управляючих систем безпеки і систем аварійного захисту з несумісними станами і різноманітністю можливих варіантів послідовностей виникнення явних і прихованих відмов з розрахунком ймовірностей перебування цих системи в працездатному стані, у стані помилкового спрацьовування на заданому інтервалі часу.*

*Проблема забезпечення надійності інформаційно-управляючих систем є складною комплексною проблемою особливо для потенційно-небезпечних технічних комплексів.*

*Для розробленої математичної моделі оцінки надійності та відмовостійкості багатоканальних управляючих систем безпеки і аварійного захисту як систем з елементами з трьома несумісними станами: перебування системи в працездатному стані, у стані помилкового (надмірного) спрацьовування на заданому інтервалі часу, необхідно порівняти два варіанти роботи дуплексної структури контролерів.*

*В роботі порівнюються два варіанти роботи дуплексної структури контролерів: Hot StandBy та SA&C*

*Виходячи з отриманих результатів, системи SA&C з відновленням є кращим варіантом у порівнянні з системою Hot StandBy з відновленням.*

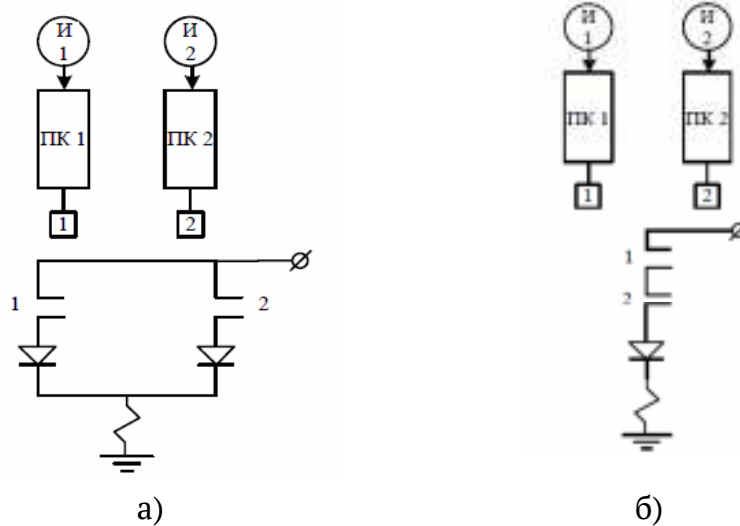
*Отримані результати будуть в подальших дослідженнях використані для отримання залежностей для значно складніших структур систем автоматичного захисту.*

*Ключові слова: системи аварійного захисту, управляючі системи безпеки, надійності, дуплексні структури контролерів, система SA&C, система Hot StandBy.*

Проблема забезпечення надійності інформаційно-управляючих систем є складною комплексною проблемою особливо для потенційно-небезпечних технічних комплексів. Управляючі системи безпеки (УСБ) при виникненні аварійної ситуації на об'єкті управління призводять в дію відповідні захисні, локалізують і забезпечують системи безпеки і координують їх роботу з метою запобігання аварій і катастроф. До управляючих систем безпеки пред'являються надзвичайно високі вимоги по надійності. Аналогічні вимоги пред'являються і до систем аварійного захисту (САЗ) агрегатів і об'єктів, що відносяться до функціональних комплексів технічних засобів забезпечення населеності і боротьби за живучість, зокрема до систем пожежогасіння, аварійного водовідливу та іншим.

**Цілі і завдання роботи.** Для розробленої математичної моделі оцінки надійності та відмовостійкості багатоканальних управляючих систем безпеки і аварійного захисту як систем з елементами з трьома несумісними станами: перебування системи в працездатному стані, у стані помилкового (надмірного) спрацьовування на заданому інтервалі часу, необхідно порівняти два варіанти роботи дуплексної структури контролерів. Контролери працюють за схемою Master-Slave.

Розглянемо найпростіші дуплексні структури для отримання аналітичних рішень по оцінці надійності властивостей САЗ і УСБ, для яких необхідно врахувати як два види відмов каналів (тобто розглядати елементи не бінарні, а елементи з трьома несумісними станами), так і всі можливі послідовності та/або порядок їх слідування в часі (рисунок 1).



И - це джерела інформації; ПК 1, ПК 2-програмовані контролери;  
1,2 - обмотки і контакти вихідних управляючих реле

Рисунок 1 - Дуплексні структури САЗ, які працюють за схемами вибору рішень «1 з 2-х» (а) і «2 з 2-х» (б)

Отримання кінцевих виразів (підкреслимо - в буквенному вигляді) саме для цих «найпростіших» дуплексних структур є важливим при вирішенні задач аналізу УСБ і САЗ.

Перша структура зберігає працездатність при виникненні «прихованої» відмови одного з каналів, друга - при виникненні «явної» відмови одного з каналів.

Кожен окремий канал будемо розглядати як єдиний, який характеризується ймовірністю відмови  $q(t)$  на інтервалі  $(0, t)$ . При цьому будемо розглядати важливий для систем безпеки і аварійного захисту випадок, коли кожен з

каналів може мати два види відмов - відмова типу «явна відмова» і типу «прихована відмова», тобто

$$p(t) + q_{я}(t) + q_{c}(t) = 1, \quad (1)$$

де  $p(t)$  - ймовірність безвідмовної роботи каналу;  $q_{я}(t)$  - ймовірність «явної» відмови,  $q_{c}(t)$  - ймовірність «прихованої» відмови.

Виникнення «явної» відмови одного з каналів призводить, природно до помилкового або зайвого спрацьовування САЗ; виникнення ж «прихованої» відмови каналу призводить до переходу його в «непостерігаємий» стан непрацездатності та, як наслідок непрацьовування каналу під час вступу заявки на спрацьовування аварійного захисту. Зрозуміло, що як «явну» відмову з «хибним» спрацьовуванням, так і непрацьовування САЗ призводить до різних наслідків, які для кожного конкретного об'єкта захисту повинні бути уточнені. А отже, визначальний вплив на ступінь небезпеки буде грати співвідношення між потоками «явних» і «прихованих» відмов, для чого в припущенні експоненціального закону напрацювання каналів до відмови з інтенсивністю  $\lambda$ , тобто  $F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$ , де  $\lambda = \lambda_{я} + \lambda_{c}$ .

Під відмовою системи будемо розуміти знаходження системи або в стані «помилкового» спрацьовування або в стані перебування в «прихованої» відмови. Крім того, з огляду на істотну відмінність в ступені небезпеки відмов САЗ типу «хибне» спрацьовування і типу непрацьовування, необхідно дати оцінки ймовірності і «помилкового» спрацьовування, і ймовірності знаходження системи в стані «прихованої» відмови. Результаті моделювання представлено в попередній роботі [1].

Порівняємо два варіанти роботи дуплексної структури контролерів. Контролери працюють за схемою Master-Slave.

Hot StandBy базується на вбудованому контролі в кожен програмований контролер. Залежно від результату контролю здійснюється передача управління з одного контролера на інший.

SA&C заснований на порівнянні роботи першого і другого контролерів, що програмуються, з подальшим переведенням системи в безпечний стан «зупинка», якщо самоконтроль не визначив програмований контролер, який відмовив.

Розглянемо структуру Hot StandBy з відновленням.

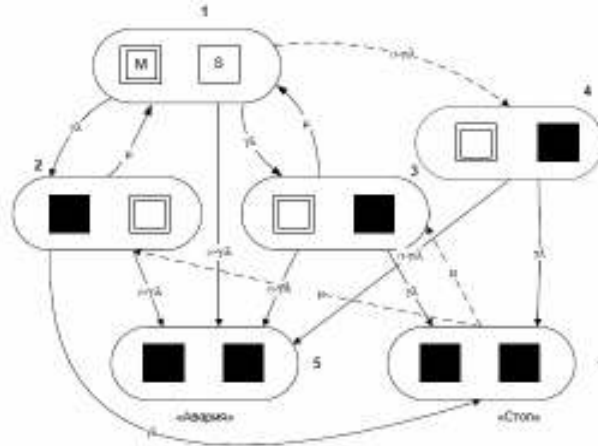


Рисунок 2 - Граф переходів зі стану в стан системи Hot StandBy

Побудуємо по графу в просторі станів систему рівнянь А.Н. Колмогорова для випадку, коли система з відновленням. Відновлення позначено пунктиром:

$$\begin{cases} \frac{dP_1}{dt} = -2\gamma\lambda P_1 + \mu P_2 + \mu P_3 - (1-\gamma)\lambda P_1; \\ \frac{dP_2}{dt} = \gamma\lambda P_1 - (\mu + \gamma\lambda)P_2 - (1-\gamma)\lambda P_2 + \mu P_6; \\ \frac{dP_3}{dt} = \gamma\lambda P_1 - (\mu + \gamma\lambda)P_3 - (1-\gamma)\lambda P_3 + \mu P_6; \\ \frac{dP_4}{dt} = (1-\gamma)\lambda P_1 - \lambda\gamma P_4 - (1-\gamma)\lambda P_4; \\ \frac{dP_5}{dt} = (1-\gamma)\lambda(P_1 + P_2 + P_3 + P_4); \\ \frac{dP_6}{dt} = \gamma\lambda(P_2 + P_3 + P_4) - 2\mu P_6. \end{cases}$$

Розглянемо структуру SA&C з відновленням.

Побудуємо по графу в просторі станів систему рівнянь А.Н. Колмогорова для випадку, коли система з відновленням. Відновлення позначено пунктиром (рисунок 3):

$$\begin{cases} \frac{dP_1}{dt} = -2\gamma\lambda P_1 + \mu(P_2 + P_4) - 2(1-\gamma)\lambda P_1 + \mu P_3; \\ \frac{dP_2}{dt} = \gamma\lambda P_1 - \mu P_2 - \gamma\lambda P_5 - (1-\gamma)\lambda P_6 + \mu P_5; \\ \frac{dP_3}{dt} = 2(1-\gamma)\lambda P_1 - \mu P_3; \\ \frac{dP_4}{dt} = \gamma\lambda P_1 - \mu P_4 - \gamma\lambda P_4 - (1-\gamma)\lambda P_4 + \mu P_5; \\ \frac{dP_5}{dt} = \gamma\lambda(P_2 + P_4) - 2\mu P_5; \\ \frac{dP_6}{dt} = (1-\gamma)\lambda(P_2 + P_4). \end{cases}$$

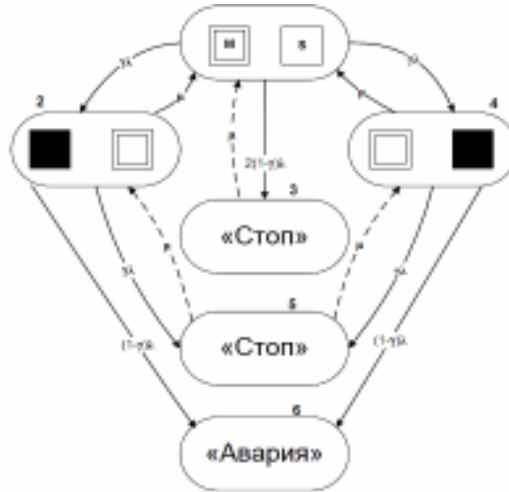


Рисунок 3 - Граф переходів зі стану в стан системи SA & C

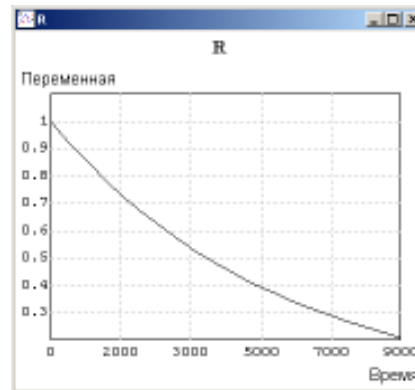
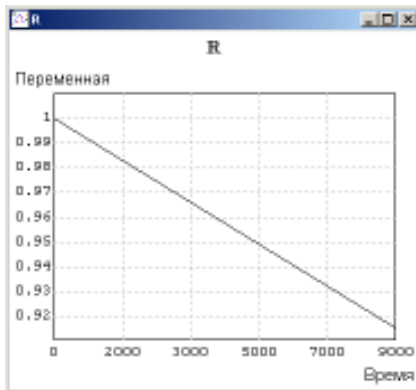
Використовуємо пакет MATLAB для моделювання отриманих рівнянь. Розрахунки будемо виконувати з кроком 0.001 в якості мінімального значення приймаємо 0.00001 і в якості максимального - 1. Інтервал, на якому будемо проводити розрахунок - [0; 8600] годин.

На рисунку 4 представлено графіки, отримані при розрахунку значень основних показників за двома варіантами організації роботи дуплексної структури контролерів: Hot StandBy та SA&C.

Hot StandBy  $\gamma = 0,9$

SA&C  $\gamma = 0,9$

$R(t)$  - ймовірність знаходження системи в працездатному стані



$Q_{n.c.}$  - ймовірності помилкового спрацьовування САЗ



$Q_{п.в.}$  - ймовірність знаходження САЗ в стані прихованої відмови

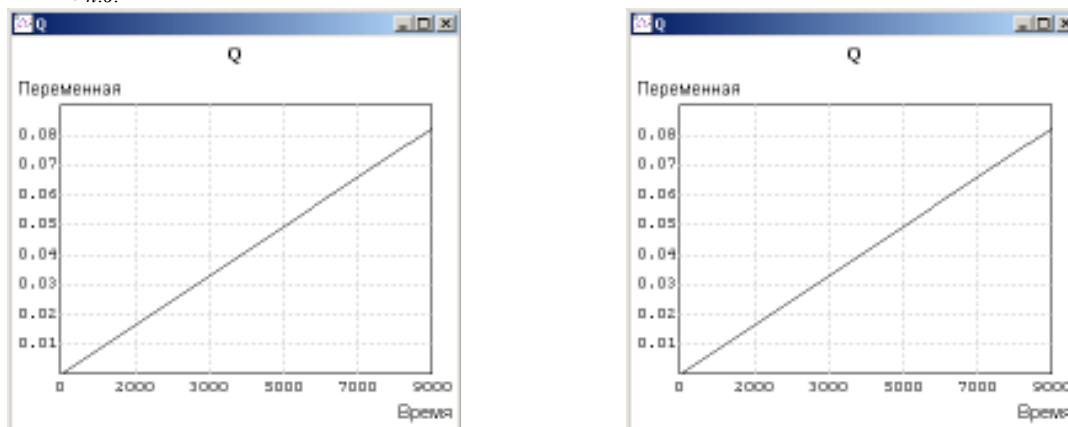


Рисунок 4 - Графіки порівняння між Hot StandBy і SA&C систем з відновленням

Виходячи з отриманих результатів, системи SA&C з відновленням є кращим варіантом у порівнянні з системою Hot StandBy з відновленням.

Отримані результати будуть в подальших дослідженнях використані для отримання залежностей для значно складніших структур систем автоматичного захисту.

#### ЛІТЕРАТУРА / LITERATURE

1. Дмитриева I.C. Анализ vlastivostey nadeynosti dupleksnykh struktur sistem avariynogo zaxistu z postoyinym rezervirovaniem / I.C. Dmitrieva, V.K. Lihvinov // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових робіт. - Вип. 5(118). - Дніпро, 2018 – с. 41-47.
2. Белецкий В.В. Теория и практические методы резервирования радиоэлектронной аппаратуры. – М.: Энергия, 1977. – 360 с.

#### REFERENCES

1. Dmytriieva I.S. An analysis of properties of reliability of full-duplex structures of the systems of emergency defence is with the permanent backuping / I.S. Dmytriieva, V.K. Lihvinov // System technologies. Regional interuniversity compendium of scientific works. - Issue 5(118). - Dnipro, 2018 – p. 41-47.
2. Beleckij V. B. Theory and practical methods of reserving of electronic equipment. - M.: Energy, 1977. - 360 p.

Received 04.02.2019.

Accepted 11.02.2019.

#### **Анализ свойств надежности дуплексных структур систем аварийной защиты с постоянным резервированием**

*Работа посвящена сравнению двух вариантов работы дуплексной структуры контроллеров для разработанных методов оценки надежности и отказоустойчивости многоканальных управляющих систем безопасности и систем аварийной защиты с несовместимыми состояниями и разнообразием возможных вариантов последовательностей возникновения явных и скрытых отказов с расчетом вероятностей нахождения этих системы в работоспособном состоянии, в состоянии ложного срабатывания на заданном интервале времени.*

*Проблема обеспечения надежности информационно-управляющих систем является сложной комплексной проблемой особенно для потенциально опасных технических комплексов.*

*Для разработанной математической модели оценки надежности и отказоустойчивости многоканальных управляющих систем безопасности и аварийной защиты как систем с элементами с тремя несовместимыми состояниями: пребывание системы в работоспособном состоянии, в состоянии ложного (избыточного) срабатывания на заданном интервале времени, необходимо сравнить два варианта работы дуплексной структуры контроллеров.*

*В работе сравниваются два варианта работы дуплексной структуры контроллеров: Hot StandBy и SA&C.*

*Исходя из полученных результатов, системы SA&C с восстановлением является лучшим вариантом по сравнению с системой Hot StandBy с восстановлением.*

*Полученные результаты будут в дальнейших исследованиях использованы для получения зависимостей для значительно более сложных структур систем автоматической защиты.*

***Analysis of the reliability properties of duplex structures of emergency protection systems with constant redundancy***

*The work is devoted to the comparison of two options for the operation of the duplex structure of controllers for the developed methods for assessing the reliability and fault tolerance of multichannel control safety systems and emergency protection systems with incompatible states and a variety of possible options for the sequences of occurrence of obvious and hidden failures with the calculation of the probabilities of these systems being in a working condition in a false state triggers at a given time interval.*

*The problem of ensuring the reliability of information management systems is a complex and complex problem, especially for potentially dangerous technical complexes.*

*For the developed mathematical model for assessing the reliability and fault tolerance of multichannel control systems for safety and emergency protection as systems with elements with three incompatible states: the system is in a healthy state, in a state of false (redundant) operation at a given time interval, it is necessary to compare two options for the duplex structure of controllers.*

*The paper compares two variants of operation of the duplex structure of controllers: Hot StandBy and SA&C.*

*Based on the results obtained, SA & C systems with restoration is a better option compared to the Hot StandBy system with restoration.*

*The results obtained will be used in further studies to obtain dependencies for much more complex structures of automatic protection systems.*

**Дмитриева И.С.** – к.т.н., доцент, Национальной металлургической академии Украины.

**Дмитриева И.С.** - к.т.н., доцент, Національної металургійної академії України.

**Dmytriieva I.S.** - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, National Metallurgical Academy of Ukraine.