

УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Піскачова Марина Олександрівна

УДК 621.395.345; 681.518.54 (043.3)

**ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПРИСТРОЇВ УПРАВЛІННЯ
ЦИФРОВИХ СИСТЕМ КОМУТАЦІЇ НА ОСНОВІ ВДОСКОНАЛЕННЯ
ПРОГРАМНОГО КОНТРОЛЮ ТА ДІАГНОСТУВАННЯ**

Спеціальність 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Харків – 2007

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Українській державній академії залізничного транспорту, Міністерство транспорту та зв'язку України

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор Артеменко Євген Андрійович, професор кафедри “Транспортний зв'язок” Української державної академії залізничного транспорту

Офіційні опоненти:

- заслужений винахідник України, доктор технічних наук, професор, КРАСНОБАЄВ Віктор Анатолійович, Харківський державний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка, професор кафедри “Автоматизація і комп'ютерні технології”;

- заслужений винахідник України кандидат технічних наук, доцент СИДОРЕНКО Микола Федорович, НТ СКБ “ПОЛІСВІТ” державне науково-виробниче “Об'єднання Комунар”, Перший заступник Головного конструктора, Головний інженер.

Провідна установа: Відкрите акціонерне товариство, науково-виробниче підприємство “Сатурн”, Міністерство промислової політики України, м. Київ

Захист відбудеться „13”, червня 2007 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради ВАК України Д 64.820.01 за спеціальністю 05.12.02 в Українській державній академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

Автореферат розісланий „10”, травня 2007 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради Д 64.820.01

кандидат технічних наук, доцент _____ М.В.Книгавко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В цей час широке розповсюдження отримали цифрові системи комутації (ЦСК), які працюють в режимі постійної готовності. В силу цього, до надійності ЦСК висуваються високі вимоги. Забезпечення таких вимог можливо з використанням складних апаратних і програмних рішень, в яких використовується сукупність методів контролю, діагностування и відновлення, а також методи резервування апаратної та програмної компонент. Не дивлячись на множину застосовуваних методів забезпечення надійності, достатньо часто виникають порушення працездатності систем, і особливо, пристроїв управління (ПУ), що викликане як відмовами елементів апаратних засобів (АЗ), так і дефектами програмного забезпечення (ПЗ). Надійність ЦСК залежить від своєчасного виявлення й усунення збоїв і відмов, тобто від нормального функціонування системи контролю та діагностування. Таким чином, необхідно вдосконалювати існуючі методи забезпечення надійності ЦСК, а особливо методи і засоби контролю та діагностування ЦСК в цілому й їх ПУ. При цьому необхідно забезпечувати мінімальні часові й економічні затрати на розробку цих методів та засобів. У результаті набуває актуальності **наукова задача** розробки моделей і методу підвищення надійності ПУ ЦСК з використанням стандартних програмних рішень для їх контролю та діагностування, а також методики вибору типових комплектів діагностичних програм з багатьох існуючих з урахуванням вимог до їх повноти контролю.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота над дисертацією проводилася автором в Українській академії залізничного транспорту у відповідності з планами НДР, програмами і договорами, що виконуються в академії та інших організаціях. Дослідження, результати яких викладено в дисертації, проводилися відповідно до положень “Концепції розвитку зв'язку України до 2010 року” та “Концепції конвергенції телефонних мереж і мереж з пакетною комутацією в Україні”, і включені до науково-дослідної роботи, яка проводилася в інтересах Міністерства оборони: «Розробка системи висвітлення оперативної обстановки на командному пункті бригади з використанням сучасних засобів супутникової навігації, засобів зв'язку та географічних інформаційних технологій». Звіт про науково-дослідну роботу інв. №9 за 2005 р. (проміжний), шифр «Висвітлення». Автором написаний пункт 2.6 («Обґрунтування вимог до надійності пристроїв керування мікропроцесорної системи з використанням засобів контролю його параметрів», с. 44-54).

Мета і задачі дослідження. Метою досліджень є підвищення надійності ПУ ЦСК на основі вдосконалення методів їх контролю та діагностування за допомогою типових пакетів діагностичних програм.

Часткові задачі дисертаційної роботи:

- розробити метод підвищення надійності ПУ ЦСК на основі використання типових пакетів діагностичних програм для їх контролю та діагностування;
- провести порівняльний аналіз структур ЦСК з точки зору забезпечення їх потрібної надійності;
- провести дослідження відомих методів забезпечення надійності ЦСК;

- провести дослідження доцільності використання багатoversійності ПЗ для підвищення надійності двоканальних ПУ ЦСК та отримати аналітичні залежності для знаходження ймовірності безвідмовної роботи мікропроцесорних систем з урахуванням нерівнонадійності версій ПЗ;

- розробити комплексні моделі контролю та діагностування ПУ ЦСК, що дозволять більш повно урахувати вплив збоїв, різних видів відмов (як ПЗ, так і АЗ) і відновлення, виникаючих як в ПЗ, так і в АЗ, а також провести дослідження впливу значень показників надійності ПУ ЦСК на готовність системи;

- розробити моделі функціонування ПУ ЦСК, що врахують відмови як АЗ, так і ПЗ, а також різну кількість версій (одну або дві) їх ПЗ.

Об'єктом дослідження в дисертації є процес контролю та діагностування пристроїв управління цифрових систем комутації.

Предметом дослідження є моделі та метод підвищення надійності ЦСК з використанням типових діагностичних програм.

Методи дослідження. Для рішення задач роботи були використані: метод системного аналізу (для дослідження готовності ЦСК та розробки рекомендацій по підвищенню надійності ПУ ЦСК); метод моделювання (для створення аналітичних моделей функціонування багатoversійних ЦСК з урахуванням програмного й апаратного компонентів); методи теорії ймовірностей і математичної статистики (при розробці Марківських моделей надійності ЦСК з урахуванням програмного й апаратного компонентів та при отриманні аналітичних залежностей для оцінки коефіцієнта готовності ПУ ЦСК); методи дослідження операцій і теорія масового обслуговування.

Наукова новизна отриманих результатів в дисертаційній роботі:

1. Отримав подальший розвиток метод підвищення надійності ПУ ЦСК, що базується на використанні типових пакетів діагностичних програм для їх контролю та діагностування, який відрізняється від існуючих тим, що дає можливість комплексно оцінити вплив різних видів несправностей на готовність ПУ ЦСК і обґрунтувати рекомендації щодо введення багатoversійності програм їх контролю та діагностування.

2. Удосконалені моделі надійності двоканальних ПУ ЦСК із багатoversійним ПЗ:

- отримані аналітичні залежності для визначення ІБР з урахуванням нерівнонадійності версій ПЗ, які на відміну від існуючих, ураховують нерівнонадійність версій ПЗ для двоканальних двоверсійних МС;

- моделі функціонування ПУ ЦСК з двоверсійним ПЗ з можливістю відновлення системи після відмови, які, на відміну від існуючих, ураховують відмови як АЗ, так і ПЗ, а також багатoversійність ПЗ.

3. Вперше отримані комплексні моделі процесу контролю та діагностування ПУ ЦСК, що, на відміну від існуючих, дозволяють більш повно урахувати вплив інтенсивностей відмов, збоїв і відновлення як АЗ, так і ПЗ на готовність ПУ ЦСК і дозволяють обирати за цими параметрами типові діагностичні програми.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, наведених у дисертації, підтверджується:

- коректністю постановки задачі на дослідження;
- використанням апробованих математичних методів вирішення задач;
- збігом результатів, отриманих при використанні запропонованих моделей при граничних значеннях їх параметрів, з результатами, надрукованими у відомій літературі;
- результатами практичного використання запропонованого методу підвищення надійності пристроїв управління ЦСК;
- обґрунтованістю допущень, прийнятих при розробці структурних схем та аналітичних моделей оцінки надійності, виходячи з досвіду проектування й експлуатації ЦСК і статистичних даних відомих фірм про відмови їх елементної бази та програмного забезпечення.

Практичне значення одержаних результатів полягає у тому, що вони дозволяють обґрунтовувати:

- вимоги до надійності системи контролю та діагностування, АЗ та ПЗ ПУ ЦСК;
- вибір типових діагностичних програм на етапі проектування та виготовлення ЦСК.

Використання розробленого методу підвищення надійності ЦСК, який базується на використанні типових пакетів діагностичних програм і методики їх вибору з множини існуючих дозволяє підвищити готовність ПУ ЦСК до 25% при визначених вихідних параметрах, а також істотно знизити затрати часу та економічні затрати на розробку ПЗ контролю та діагностування ПУ ЦСК.

Комплексні моделі функціонування ПУ ЦСК та метод підвищення надійності ЦСК, що базується на використанні типових діагностичних програм, впроваджені Головним управлінням автоматики, телемеханіки та зв'язку Укрзалізниці на ділянці Гребінка-Ромодан в ЦСК "Meridian-1" (акт реалізації №14/93 від 16.02.2007 р.). Моделі контролю функціонування ПУ з урахуванням дефектів ПЗ та відмов АЗ в Об'єднаному науково-дослідному інституті Збройних сил (акт реалізації № д/р 0101U000460 від 12.05.2006 р.). Аналіз побудови ЦСК та аналітичні залежності ймовірності безвідмовної роботи МС до першої відмови впроваджені в навчальному процесі Української державної академії залізничного транспорту (акт реалізації №14/93 від 16.02.2007 р.).

Особистий внесок здобувача полягає в розробці нових моделей, методу та методики, що забезпечують вирішення поставлених у дисертації задач. Всі основні результати отримані автором особисто. У роботах, опублікованих у співавторстві, здобувачу належать: проведення аналізу побудови ЦСК з точки зору забезпечення потрібної надійності, проведено аналіз статистики відмов ЦСК, намічені напрями підвищення надійності систем зв'язку шляхом контролю та діагностування за допомогою типових пакетів діагностичних програм [1]; розробка та дослідження комплексної моделі контролю функціонування ПУ ЦСК, яка враховує їх різноманітні відмови та збої як АЗ так і ПЗ, що дозволяє отримати аналітичні та графічні залежності для розрахунку показників готовності системи [2]; аналіз існуючих методів підвищення надійності МС з урахуванням апаратної та програмної компонентів [3]; розробка та дослідження комплексної моделі контролю функціонування ПУ ЦСК, що враховує різні відмови та збої, а також дозволяє отримати аналітичні та графічні залежності для розрахунку показників готовності

системи [4]; розробка аналітичних залежностей імовірності безвідмовної роботи МС з урахуванням нерівнонадійності версій ПЗ, в результаті дослідження яких обґрунтовано доцільність використання багатоверсійності ПЗ [5]; розробка моделі функціонування системи контролю та діагностування ПУ ЦСК, в результаті дослідження якої проведений аналіз залежностей значень коефіцієнту готовності від змінення інтенсивностей відмов; розроблені практичні рекомендації щодо використання та вибору типових діагностичних програм для контролю та діагностування ПУ ЦСК; запропонований метод підвищення надійності ЦСК, заснований на використанні типових пакетів діагностичних програм для їх контролю та діагностування та методика вибору типових програм для їх використання в якості програм діагностики [6].

Одна робота опублікована особисто автором [7].

Апробація результатів дисертації. Результати роботи були представлені на шести міжнародних науково-технічних конференціях: 17 школа-семінар «Перспективні системи управління на залізничному, промисловому та міському транспорті» (Харків - Алушта, 20-25.09.2004 р.) [8]; 2-й міжнародний радіоелектронний форум «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития» (Харків, 19.09-23.09.2005 р.) [9]; 18 міжнародна школа-семінар «Перспективні системи управління на залізничному, промисловому та міському транспорті» (Харків - Алушта, 12-19.09.2005 р.) [10]; Міжнародна науково-технічна конференція «Гарантоспособные (надежные и безопасные) системы, сервисы и технологии» (Полтава, 25 - 28.04.2006 р.) [11]; 19 міжнародна школа-семінар «Перспективні системи управління на залізничному, промисловому та міському транспорті» (Харків - Алушта, 11 - 15.09.2006 р.) [12]; 6 міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми інформатики та моделювання» (Харків, 23-25.11.2006 р.) [13].

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи опубліковані в 13 друкованих працях, серед яких 7 статей опубліковані в наукових виданнях, що входять до переліку ВАК України (з них 4 статті в наукових журналах, 3 статті в збірниках наукових праць), а також 6 публікацій у збірниках праць міжнародних науково-технічних конференцій.

Структура й обсяг дисертації. Дисертація має вступ, чотири розділи, висновки та додатки. Повний обсяг дисертації складає 193 сторінки, у тому числі: додатків – 5 на 16 сторінках; 16 рисунків на 11 сторінках, 13 таблиць на 13 сторінках, список з 133 використаних літературних джерел на 12 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Вступ дисертаційної роботи містить: обґрунтування актуальності теми й наукових задач; інформацію про зв'язок роботи з науковими програмами; мету й задачі дослідження; об'єкт, предмет і методи дослідження; характеристику наукової новизни й практичного значення отриманих результатів, а також особистого внеску здобувача; дані щодо реалізації, апробації та публікації результатів.

У **першому розділі** виконано аналіз структур найпоширеніших в Україні ЦСК та методів забезпечення їх надійності. У процесі аналізу встановлено, що структури ЦСК різних виробників мають однотипні елементи, блоки та пристрої, які виконують ті ж функції. Отже, зроблено припущення, що для них можуть

використовуватись стандартні методи підвищення надійності, а також однотипні програми контролю та діагностування.

Відповідно до проведеного у розділі аналізу стану питання сформульована загальна наукова задача дисертації, що декомпонується на ряд часткових задач, пов'язаних з розробкою методу підвищення надійності ПУ ЦСК при використанні типових діагностичних пакетів програм.

Другий розділ присвячений обґрунтуванню обраного напрямку досліджень. Проведено порівняльне дослідження існуючих програм технічного обслуговування ЦСК та типових комплектів діагностичних програм, яке показало, що вони використовують однакові тестові комбінації 0 та 1 для діагностики типових елементів МС. Таким чином, показано, що існує можливість використання типових пакетів діагностичних програм в якості програм контролю ПУ ЦСК. Проведено дослідження доцільності введення багатоверсійності ПЗ для МС на основі допущень: АЗ рівнонадійні та їх імовірність безвідмовної роботи (ІБР) рівна p_1 ; потік відмов АЗ підкорюється експоненціальному закону з інтенсивністю відмов λ_1 ; дослідження аналітичних залежностей проводимо до першої відмови без урахування відновлення; проявлення дефектів проектування ПЗ до першої відмови має експоненціальний закон розподілення з інтенсивністю відмов λ_2 , тому що кількість первинних помилок ПЗ постійна (тобто інтенсивність прояву вторинних помилок до першої відмови ПЗ постійна). Отримані аналітичні залежності для оцінки ІБР двоканальних МС до першої відмови, які враховують нерівнонадійність версій ПЗ:

$$P_0 = p_1 \cdot p_{21} \cdot (2 - p_1); \quad (1)$$

$$P_m = p_1 \cdot (p_{21} - p_1 \cdot p_{21} \cdot p_{22} + p_{22}); \quad (2)$$

$$\Delta = P_m - P_0, \quad (3)$$

де P_m – ІБР багатоверсійного ПЗ технічного обслуговування ПУ ЦСК; P_0 – ІБР одноверсійного ПЗ технічного обслуговування ПУ ЦСК; Δ – виграш в ІБР при використанні багатоверсійності ПЗ; p_{21} – імовірність безвідмовної роботи до першої відмови першої версії ПЗ, p_{22} – ІБР до першої відмови другої версії ПЗ, p_1 – ІБР АЗ.

Аналіз графічних залежностей, отриманих згідно з аналітичними залежностями (1) ... (3) показав, що введення багатоверсійності ПЗ (рис. 1) призводить до підвищення ІБР ПУ ЦСК. Причому, як видно з рис. 2, введення багатоверсійності ПЗ дозволяє підвищити ІБР с 0,9 для одноверсійного ПЗ до 0,97 для двоверсійного ПЗ при $p_{21} = 0,9$.

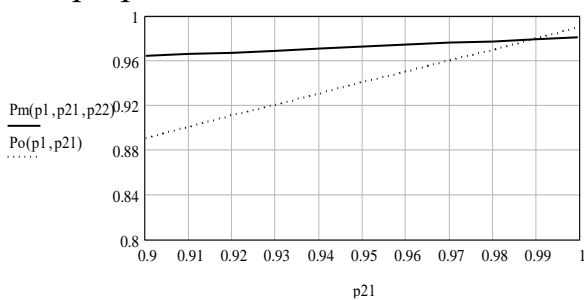


Рис. 1. Графіки залежності ІБР ПУ ЦСК з одноверсійним ПЗ (P_0) і двоверсійним ПЗ (P_m) від ІБР ПЗ однієї версії при $p_1 = 0,9$ і $p_{22} = 0,9$

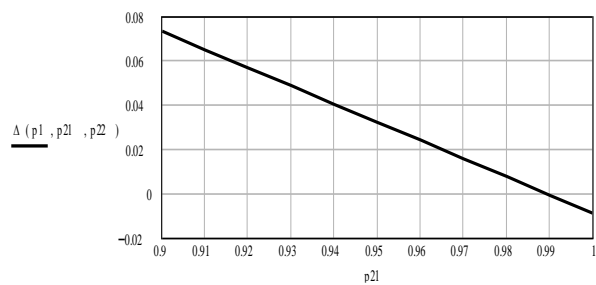


Рис. 2. Графік залежності виграшу в ІБР ПУ ЦСК з одноверсійним ПЗ (P_0) і двоверсійним ПЗ (P_m) від ІБР ПЗ однієї версії при $p_1 = 0,9$ і $p_{22} = 0,9$

Однак при підвищенні p_{21} від 0,99 до 1 (при $p_1 = 0,9$, $p_{22} = 0,9$) одноверсійна система стає більш надійною. Виграш в надійності при $p_{21} = 0,9 \dots 1$ змінюється відповідно від 0,08 до 0 та від 0 до -0,007 (рис. 4), тобто при деяких значеннях показників надійності використання багатоверсійності недоцільне. При збільшенні ІБР АЗ p_1 і p_{22} до 0,99 багатоверсійна МС має більшу надійність, чим одноверсійна при будь-яких значеннях p_{21} . Виграш в надійності при $p_{21} = 0,9 \dots 1$ змінюється відповідно от 0.1 до 0. Виграш в ІБР (рис. 5) при застосуванні рівнонадійної багатоверсійної МС і нерівнонадійної багатоверсійної МС при визначених значеннях вихідних параметрів може досягати значень, більших 0,8.

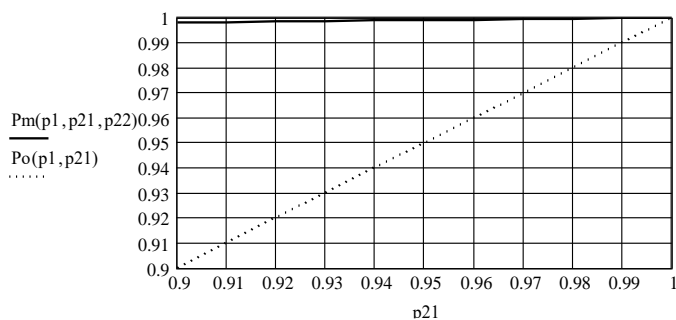


Рис. 3. Графіки залежності ІБР ПУ ЦСК з одноверсійним ПЗ (P_o) і двоверсійним ПЗ (P_m) від ІБР ПЗ однієї версії при $p_1 = 0,99$ і $p_{22} = 0,99$

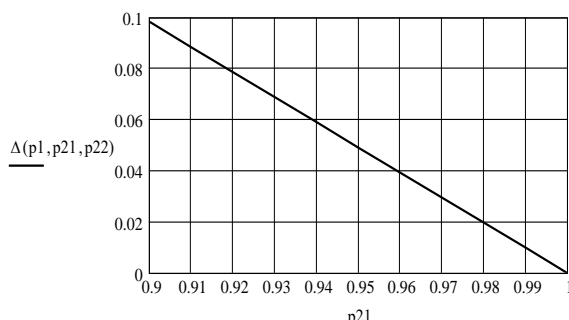


Рис. 4. Графік залежності виграшу в ІБР ПУ ЦСК з одноверсійним ПЗ (P_o) і з двоверсійним ПЗ (P_m) від ІБР ПЗ однієї версії при $p_1 = 0,99$ і $p_{22} = 0,99$

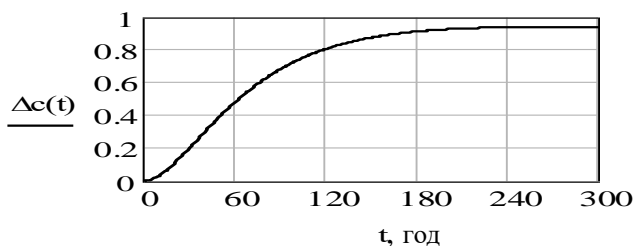


Рис. 5. Графік залежності виграшу ІБР МС з двома нерівнонадійними версіями ПЗ у порівнянні з ІБР МС з рівнонадійними версіями ПЗ від часу при $\lambda_1 = 10^{-4}$ 1/год, $\lambda_2 = 10^{-2}$ 1/год, $\Delta\lambda = 9,9 \cdot 10^{-3}$ 1/год

Проведені дослідження дозволяють зробити висновок, що для підвищення надійності ПУ ЦСК доцільно вводити багатоверсійність ПЗ через зменшення надійності його у зв'язку зі значною складністю та великим обсягом розв'язуваних задач, а також необхідним тривалим гарантійним строком експлуатації систем.

За результатами проведених досліджень пропонується використовувати для контролю та діагностування окремих пристроїв (наприклад, ПУ) не знов розроблені програми технічного обслуговування, а типові комплекти діагностичних програм, які використовуються для контролю МС, та повинні бути підібрані для конкретної ЦСК. Для цього, з метою виявлення ознак, по яким можна буде вибрати необхідні пакети діагностичних програм з існуючих, потрібно розробити модель процесу контролю функціонування ПУ ЦСК.

Третій розділ присвячений розробці моделей процесу контролю та діагностування ПУ ЦСК, які враховують те, що в процесі експлуатації ЦСК комплексно в установлений регламентом час здійснюється оперативний і періодичний контроль. Крім цього, враховуються стійкі апаратні, стійкі програмні, перемежовані відмови (збої), невиявлені відмови, хибні відмови як АЗ, так і ПЗ. Пристрій управління ЦСК є відновлюваним елементом. Потік відмов ПУ ЦСК, що переводить

систему з одного стану в інший, можна вважати найпростішим, тому що він має властивості ординарності, стаціонарності та без післядії, тому процес функціонування ПУ ЦСК можна представити в виді Марківського випадкового процесу. При розробці моделі контролю функціонування ПУ ЦСК використовуємо Марківську модель з дискретними станами і безперервним часом. Допущення: виправляються лише вторинні помилки ПЗ; потік відмов ПЗ є найпростішим потоком на тому відрізку часу, поки первинні помилки ПЗ не коректуються; потік відмов АЗ є найпростішим. Отримані моделі, на відміну від існуючих, найбільш повно враховують різні відмови та збої. Розроблені та досліджені три Марківські моделі процесу контролю та діагностування ПУ ЦСК (рис. 6-8), кожна з яких дозволяє оцінити вплив на надійність функціонування ЦСК таких кількісних показників контролю та діагностування, як: інтенсивність переходу з працездатного стану в стан хибної відмови - ω_{14} ; інтенсивність переходу з працездатного стану в стан схованої відмови - ω_{1214} . Особливістю першої моделі є те, що повернення системи в працездатний стан після стійкої відмови як АЗ, так і ПЗ здійснюється тільки після реконфігурації та заміни елемента, що відмовив. Розробка моделей процесу контролю та діагностування ПУ ЦСК проводиться на стаціонарному відрізку роботи, тобто при сталому режимі. Особливістю другої моделі є те, що повернення в працездатний стан можливо як після реконфігурації системи, так і після заміни елемента, що відмовив.

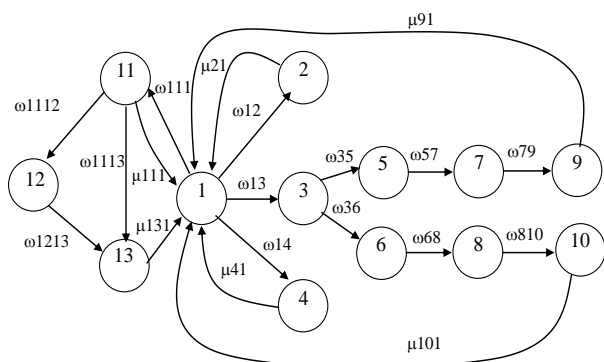


Рис. 6. Граф станів Марківської моделі процесу контролю та діагностування ПУ ЦСК (варіант 1)

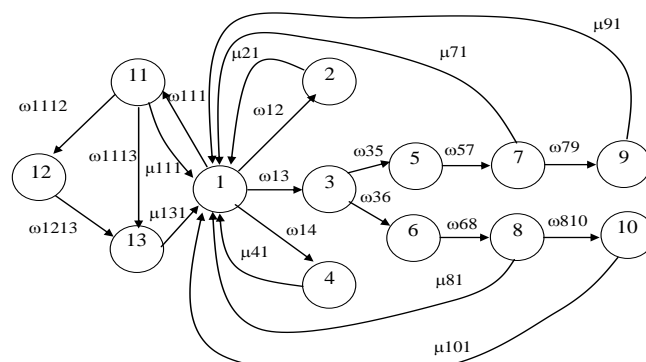


Рис. 7. Граф станів Марківської моделі процесу контролю та діагностування ПУ ЦСК (варіант 2)

Третя модель більш повно відображає етапи процесу контролю та діагностування ПУ ЦСК, і відрізняється від запропонованих раніше тим, що після реконфігурації, а також після заміни елемента, що відмовив, проводиться контроль працездатності системи, і тільки після цього ПУ ЦСК переходить в працездатний стан.

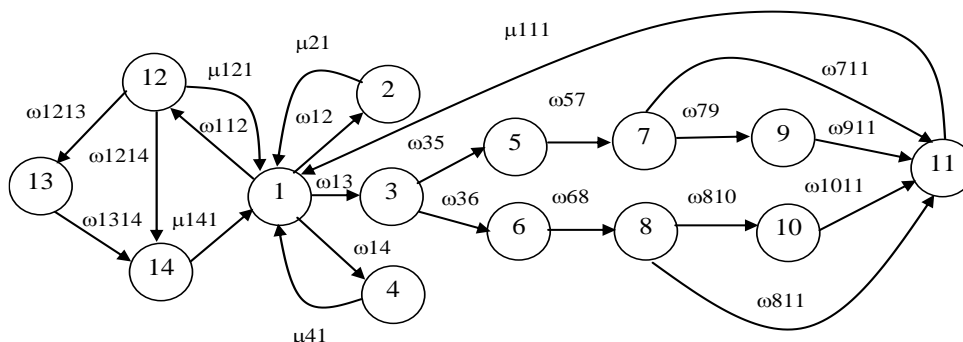


Рис. 8. Граф станів Марківської моделі процесу контролю та діагностування ПУ ЦСК (варіант 3)

Далі розглядається й оцінюється третій варіант моделі процесу контролю та діагностування ПУ ЦСК (рис. 8), для якої по графу станів були складені диференційні лінійні рівняння (ДЛР) Колмогорова (4), що описують перехід системи з одного стану в інший.

$$\begin{aligned}
\frac{dp_1}{dt} &= \mu_{21} \cdot p_2(t) + \mu_{41} \cdot p_4(t) + \mu_{111} \cdot p_{11}(t) + \mu_{121} \cdot p_{12}(t) + \mu_{141} \cdot p_{14}(t) - \omega_{12} \cdot p_1(t) - \\
&- p_1(t) \cdot (\omega_{12} + \omega_{13} + \omega_{14}); \\
\frac{dp_2}{dt} &= \omega_{12} \cdot p_2(t) - \mu_{21} \cdot p_2(t); \\
\frac{dp_3}{dt} &= \omega_{13} \cdot p_1(t) - p_3(t) \cdot (\omega_{35} + \omega_{36}); \\
\frac{dp_4}{dt} &= \omega_{14} \cdot p_1(t) - \mu_{41} \cdot p_4(t); \\
\frac{dp_5}{dt} &= \omega_{35} \cdot p_3(t) - \omega_{57} \cdot p_5(t); \\
\frac{dp_6}{dt} &= \omega_{36} \cdot p_3(t) - \omega_{68} \cdot p_6(t); \\
\frac{dp_7}{dt} &= \omega_{57} \cdot p_5(t) - p_7(t) \cdot (\omega_{79} + \omega_{711}); \\
\frac{dp_8}{dt} &= \omega_{68} \cdot p_6(t) - p_8(t) \cdot (\omega_{810} + \omega_{811}); \\
\frac{dp_9}{dt} &= \omega_{79} \cdot p_7(t) - \omega_{911} \cdot p_9(t); \\
\frac{dp_{10}}{dt} &= \omega_{810} \cdot p_8(t) - \omega_{1011} \cdot p_{10}(t); \\
\frac{dp_{11}}{dt} &= \omega_{711} \cdot p_7(t) + \omega_{811} \cdot p_8(t) + \omega_{911} \cdot p_9(t) + \omega_{1011} \cdot p_{10}(t) - \mu_{111} \cdot p_{11}(t); \\
\frac{dp_{12}}{dt} &= \omega_{112} \cdot p_1(t) - p_{12}(t) \cdot (\mu_{121} + \omega_{1214} + \omega_{1213}); \\
\frac{dp_{13}}{dt} &= \omega_{1213} \cdot p_{12}(t) - \omega_{1314} \cdot p_{13}(t); \\
\frac{dp_{14}}{dt} &= \omega_{1214} \cdot p_{12}(t) + \omega_{1314} \cdot p_{13}(t) - \mu_{141} \cdot p_{14}(t); \\
\sum_{i=1}^{14} p_i &= 1.
\end{aligned} \tag{4}$$

Рішення системи ДЛР знаходимо при початкових умовах $p_1(0) = 1$, $p_{i+1}(0) = 0$ (в початковий момент часу система працездатна). Згідно аналізу статистичних даних з великим ступенем довіри обрані діапазони вихідних даних для досліджень моделі, на підставі яких вирішені ДЛР Колмогорова й отримані значення ймовірностей знаходження ПУ ЦСК в кожному зі станів, і значення коефіцієнту готовності системи. По отриманим значенням ймовірностей знаходження ПУ ЦСК в кожному стані, проведено оцінку характеристики готовності досліджуваної системи. Тому оцінка моделі проведена по коефіцієнту готовності (K_r) системи ПУ ЦСК. Значення K_r дорівнює сумі ймовірностей працездатних станів, тобто $K_r = p_1 + p_{12}$.

Отримані в аналітичній формі співвідношення для ймовірностей знаходження досліджуваної системи в кожному зі станів дозволили побудувати графічні залежності (рис. 9 - 12) K_r ПУ ЦСК від зміни різних інтенсивностей відмов та збоїв.

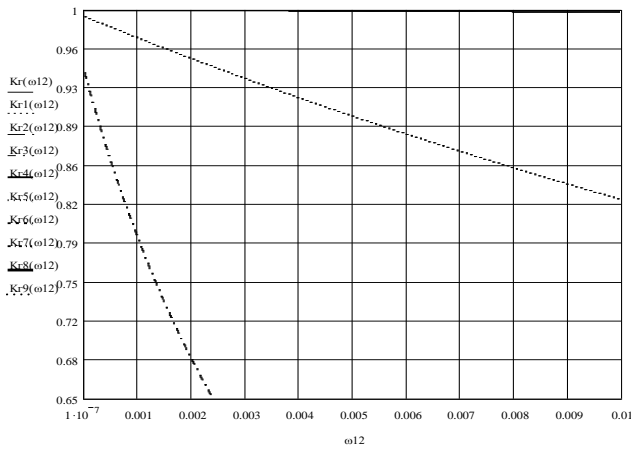


Рис. 9. Графічні залежності коефіцієнтів готовності від ω_{12} при сумі значень усіх інтенсивностей відновлення $\mu = \text{const}$:

K_r при $\mu = 10$ 1/год; K_{r1} при $\mu = 10^{-1}$ 1/год;
 K_{r2} при $\mu = 10^2$ 1/год; K_{r3} при $\mu = 10^{-2}$ 1/год;
 K_{r4} при $\mu = 2 \cdot 10$ 1/год; K_{r5} при $\mu = 10^3$ 1/год;
 K_{r6} при $\mu = 10^4$ 1/год; K_{r7} при $\mu = 10^2$ 1/год;
 K_{r8} при $\mu = 3 \cdot 10$ 1/год; K_{r9} при $\mu = 10^5$ 1/год

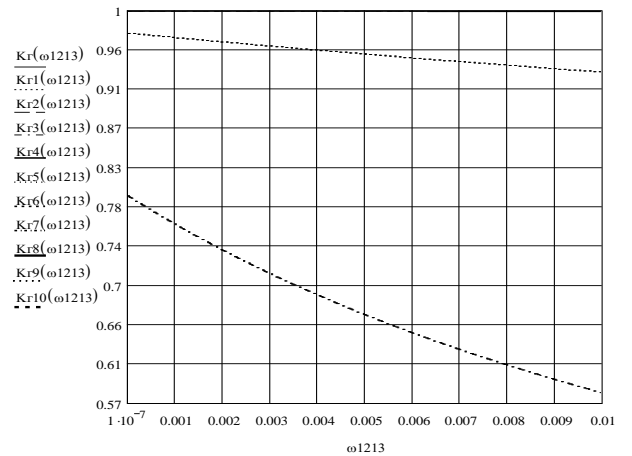


Рис. 10. Графічні залежності коефіцієнтів готовності від ω_{1213} при сумі всіх інтенсивностей відновлення $\mu = \text{const}$:

K_r при $\mu = 10$ 1/год; K_{r1} при $\mu = 10^{-1}$ 1/год;
 K_{r2} при $\mu = 10^2$ 1/год; K_{r3} при $\mu = 10^{-2}$ 1/год;
 K_{r4} при $\mu = 2 \cdot 10$ 1/год; K_{r5} при $\mu = 10^3$ 1/год;
 K_{r6} при $\mu = 10^4$ 1/год; K_{r7} при $\mu = 5 \cdot 10^2$ 1/год;
 K_{r8} при $\mu = 3 \cdot 10$ 1/год;
 K_{r9} при $\mu = 10^5$ 1/год; K_{r10} при $\mu = 10^6$ 1/год

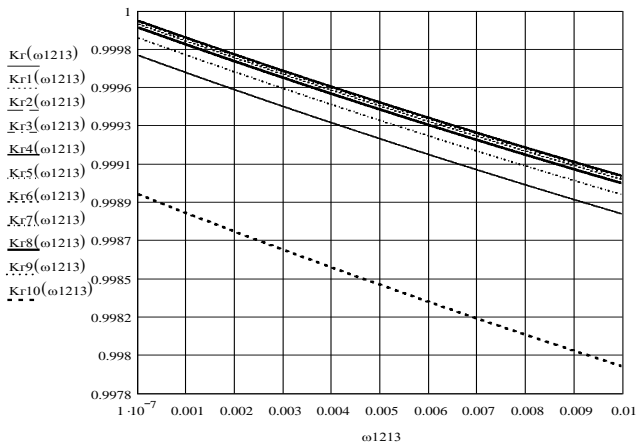


Рис. 11. Графічні залежності коефіцієнтів готовності від значень ω_{1213} :

K_r при $\omega_{12} = 10^{-3}$ 1/год; K_{r1} при $\omega_{12} = 10^{-4}$ 1/год; K_{r2} при $\omega_{12} = 10^{-5}$ 1/год;
 K_{r3} при $\omega_{12} = 10^{-6}$ 1/год; K_{r4} при $\omega_{12} = 10^{-7}$ 1/год; K_{r5} при $\omega_{12} = 2 \cdot 10^{-6}$ 1/год;
 K_{r6} при $\omega_{12} = 2 \cdot 10^{-5}$ 1/год; K_{r7} при $\omega_{12} = 5 \cdot 10^{-4}$ 1/год; K_{r8} при $\omega_{12} = 2 \cdot 10^{-4}$ 1/год;
 K_{r9} при $\omega_{12} = 2 \cdot 10^{-4}$ 1/год;
 K_{r10} при $\omega_{12} = 5 \cdot 10^{-5}$ 1/год

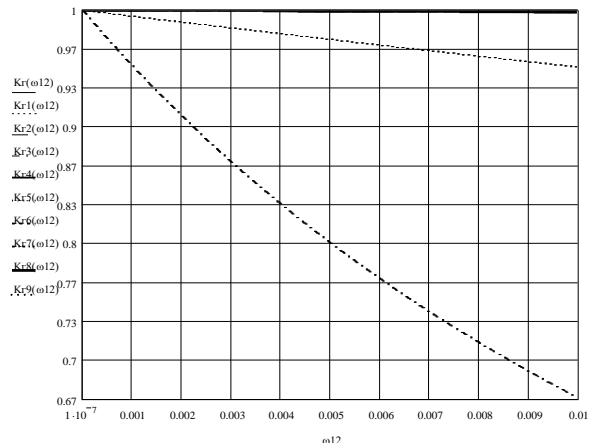


Рис. 12. Графічні залежності коефіцієнтів готовності від ω_{12} при $\omega_{1314} = \text{const}$:

K_r при $\omega_{1314} = 5$ 1/год; K_{r1} при $\omega_{1314} = 0,1$ 1/год; K_{r2} при $\omega_{1314} = 10$ 1/год;
 K_{r3} при $\omega_{1314} = 3$ 1/год; K_{r4} при $\omega_{1314} = 10^2$ 1/год; K_{r5} при $\omega_{1314} = 20$ 1/год;
 K_{r6} при $\omega_{1314} = 30$ 1/год; K_{r7} при $\omega_{1314} = 1$ 1/год; K_{r8} при $\omega_{1314} = 15$ 1/год;
 K_{r9} при $\omega_{1314} = 12$ 1/год;
 K_{r10} при $\omega_{1314} = 120$ 1/год

Проведене моделювання дозволило визначити параметри контролю, які найбільш впливають на значення коефіцієнту готовності. Аналіз отриманих залежностей $K_r(\omega)$ показав, що відбувається значна зміна значення K_r при зміні таких інтенсивностей переходів, як: інтенсивність

збоїв або невиявлених відмов, що можуть виявитися при періодичному контролі елементу ПУ ЦСК ω_{1214} ; інтенсивність збоїв, виявлених при оперативному контролі ω_{12} ; інтенсивність відновлення після стійкої відмови, виявленої при оперативному контролі μ_{111} ; інтенсивність стійкої відмови, виявленої при проведенні періодичного контролю ω_{1213} ; інтенсивність переходу в стан відновлення після стійкої відмови, виявленої при періодичному контролі ω_{1314} .

В той же час при зміні таких інтенсивностей переходу, як: інтенсивність хибної відмови ω_{14} , інтенсивність переходу зі стану реконфігурації в стан відновлення після стійкої відмови ω_{79} і ω_{810} впливають на зміну значення K_r , але воно незначне. Змінення інтенсивності переходу ω_{1214} , що характеризує неповноту контролю, оказує сильний вплив на K_r ПУ ЦСК, тому обирати типові програми з множини існуючих можна, виходячи зі значення повноти контролю кожної з цих програм.

В четвертому розділі розроблено метод підвищення надійності ПУ ЦСК на основі застосування типових комплектів діагностичних програм на підставі аналізу величин показників надійності. На основі методу для практичного використання розроблена методика вибору типових діагностичних комплектів програм (наприклад, CheckIt, Norton Utilities, Fix-It, та інші) з множини існуючих для кожної конкретної ЦСК. Проведено дослідження доцільності підвищення надійності МС на основі використання двох версій ПЗ, які виконують однакові функції контролю та діагностування при допущеннях: потік відмов АЗ є найпростішим; відновлення ПЗ після відмови проводиться по результатах контролю та діагностування за допомогою типових діагностичних програм, і виправляються тільки вторинні помилки (результат накоплення наслідків первинних помилок ПЗ), тобто первинні помилки в ПЗ не виправляються, а залишаються в тілі програми. Це означає, що кількість первинних помилок ПЗ постійна і, отже, справедливе допущення, що потік відмов ПЗ є найпростішим потоком.

Для двоверсійного ПЗ двоканального ПУ ЦСК побудований граф станів Марківської моделі, враховуючої стани як АЗ, так і ПЗ (рис. 13). Для двоканального ПУ ЦСК з одноверсійним ПЗ граф станів Марківської моделі функціонування ПУ ЦСК представлений на рис. 16, де λ_{ij} , μ_{ij} – інтенсивності переходів з i -го стану в j -е. По графу станів (рис. 13) складено ДЛР Колмогорова, рішення яких здійснено при початкових умовах $p_1(0) = 1$, $p_{i+1}(0) = 0$ (вихідний стан системи працездатний).

Коефіцієнт готовності МС з багатOVERсійним ПЗ ($K_{гм}$) обчислено, виходячи з умови, що хоча б один канал справний:

$$K_{гм} = p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_{14} + p_{15}.$$

При вихідних даних $\lambda_{12} = 10^{-3}$ 1/год, $\lambda_{13} = 10^{-3}$ 1/год, $\lambda_{14} = 10^{-3}$ 1/год, $\lambda_{15} = 10^{-3}$ 1/год, $\lambda_{26} = \lambda_{27} = \lambda_{214} = \lambda_{38} = \lambda_{39} = \lambda_{314} = \lambda_{410} = \lambda_{411} = \lambda_{415} = \lambda_{512} = \lambda_{513} = \lambda_{515} = \lambda_{1417} = \lambda_{1516} = 10^{-6}$ 1/год, $\mu_{21} = \mu_{31} = \mu_{14} = \mu_{15} = 4$ 1/год; $\mu_{64} = \mu_{75} = \mu_{84} = \mu_{95} = \mu_{102} = \mu_{113} = \mu_{122} = \mu_{133} = \mu_{142} = \mu_{143} = \mu_{154} = \mu_{155} = \mu_{1614} = \mu_{1715} = 360000$ 1/год в результаті обчислень одержано значення $K_{гм} = 0,9999995$. Якщо друга версія ПЗ буде мати більшу надійність, чим перша ($\lambda_{15} = 10^{-4}$ 1/год), то $K_{гм} = 0,999975$ і менший час відновлення ($\mu_{51} = 40$ 1/год), то забезпечується величина $K_{гм} = 0,9999975$. Таким чином, $K_{гм}$ збільшується в 10 раз при малому часі відновлення.

Коефіцієнт готовності одноверсійного ПЗ ($K_{го}$) двоканального ПУ ЦСК визначається зі співвідношення: $K_{го} = p_1 + p_2 + p_4$ (рис. 14).

При значеннях вихідних даних $\lambda_{12} = 10^{-3}$ 1/год, $\lambda_{13} = 10^{-3}$ 1/год, $\lambda_{14} = 10^{-3}$ 1/год, $\lambda_{25} = \lambda_{37} = \lambda_{38} = \lambda_{46} = \lambda_{48} = 10^{-6}$ 1/год, $\mu_{21} = \mu_{31} = \mu_{41} = 4$ 1/год, $\mu_{54} = \mu_{62} = \mu_{72} = \mu_{83} = \mu_{84} = 360000$ 1/год значення $K_{го} = 0,9997501872$.

Проведено порівняння значення $K_{гм}$ и $K_{го}$ ПЗ ПУ ЦСК при однакових

параметрах системи, обчисливши приріст між отриманими значеннями ΔK_r : $\Delta K_r = K_{gm} - K_{go} = 0,0002498128$. Зі зменшенням інтенсивності відмов ПЗ першої (вихідної версії), а також збільшенням часу відновлення відмов АЗ і ПЗ двох каналів приріст K_r збільшується. При низькій надійності ПЗ ПУ ЦСК ($\lambda_{12} = \lambda_{14} = 10^{-4}$ 1/год, $\lambda_{13} = \lambda_{15} = 10^{-2}$ 1/год, $\mu_{21} = \mu_{31} = \mu_{41} = \mu_{41} = 0,03$ 1/год) $\Delta K_r = 0,2487481765$ (рис. 15).

Проведене дослідження Марківських моделей показало, що одноверсійне ПЗ, яке використовується в даний час в ПУ ЦСК, не дозволяє підвищити K_r до необхідного рівня, тому для підвищення надійності ПУ ЦСК необхідно вводити багатоверсійність ПЗ через зменшення надійності його в зв'язку зі значною складністю та великим об'ємом розв'язуваних задач, а також необхідним тривалим гарантійним строком експлуатації станцій.

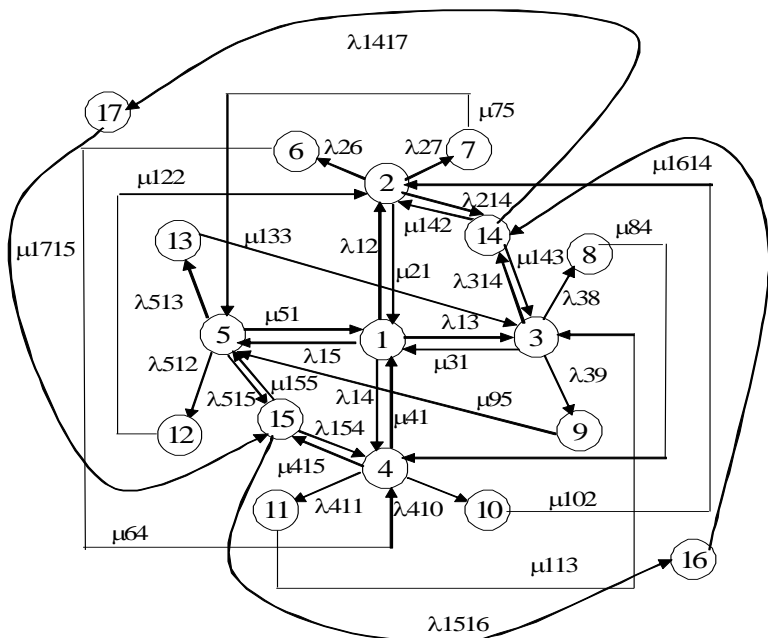


Рис. 13. Граф станів Марківської моделі функціонування двоверсійної двоканальної МС

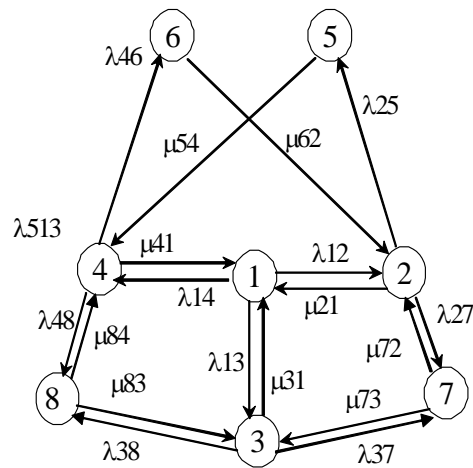


Рис. 14. Граф станів Марківської моделі функціонування одноверсійної двоканальної МС

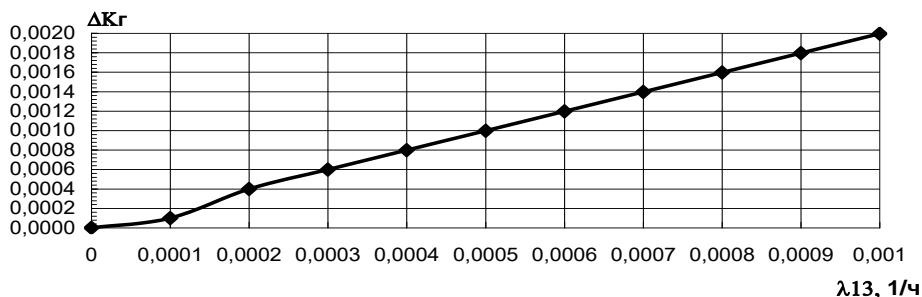


Рис. 15. Графік залежності приросту значення K_r багатоверсійної МС в порівнянні з одноверсійною МС від інтенсивності відмов першої версії ПЗ МС

Враховуючи отримані залежності та моделі, розроблений метод підвищення надійності ПУ ЦСК на основі використання типових діагностичних програм для контролю та

діагностування ПУ ЦСК, що складається в наступному:

1. Аналіз існуючих структур ЦСК. Визначення пристрою, від надійності функціонування якого найбільш сильно залежить надійність усієї ЦСК (вибираємо для аналізу ПУ).
2. Вибір і обґрунтування показників надійності ПУ ЦСК (обрано в якості показника K_r).
3. Аналіз та оцінка існуючих методів контролю та діагностування для ПУ ЦСК.
4. Уведення вихідних даних (на основі аналізу статистичних даних).
5. Розробка моделі процесу контролю функціонування ПУ ЦСК, яка враховує основні інтенсивності переходу системи з одного технічного стану в інший, в тому числі інтенсивності відмов АЗ і ПЗ, і виділення найбільш впливових з них.
6. Дослідження розробленої моделі відносно K_r й аналіз отриманих при моделюванні залежностей K_r від зміни інтенсивностей переходу з одного стану в інший, і вибір інтенсивностей відмов, що найбільш сильно впливають на значення K_r й інтенсивностей відмов, що впливають на значення K_r найслабкіше.
7. У тому випадку, якщо існуючими методами забезпечення надійності неможливо досягти необхідного значення K_r при заданих вихідних даних, треба діяти згідно методики вибору типових пакетів діагностичних програм (Norton Utilities, Fix-It та інших) для додаткового контролю та діагностування ПУ ЦСК.
8. Розробка методики вибору типових пакетів діагностичних програм з множини існуючих для контролю та діагностування ПУ ЦСК по повноті контролю кожної з програм:

$$q_{ш} = \frac{N_n}{N}, \quad q_T = \frac{N_{Tn}}{N_T}, \quad q_y = \frac{N_{yn}}{N_y},$$

де $q_{ш}$ – повнота контролю по кількості шаблонів, що використовуються при діагностуванні; N_n – кількість шаблонів в програмі номер n ; N – загальна кількість шаблонів; N_{Tn} – кількість тестів в програмі номер n ; N_T – загальна кількість тестів, N_{yn} – кількість пристроїв, що перевіряються в програмі номер n ; q_T – повнота контролю по кількості тестів, що використовуються при діагностуванні; N_y – загальна кількість пристроїв, що перевіряються; q_y – повнота контролю по кількості пристроїв, що діагностуються.

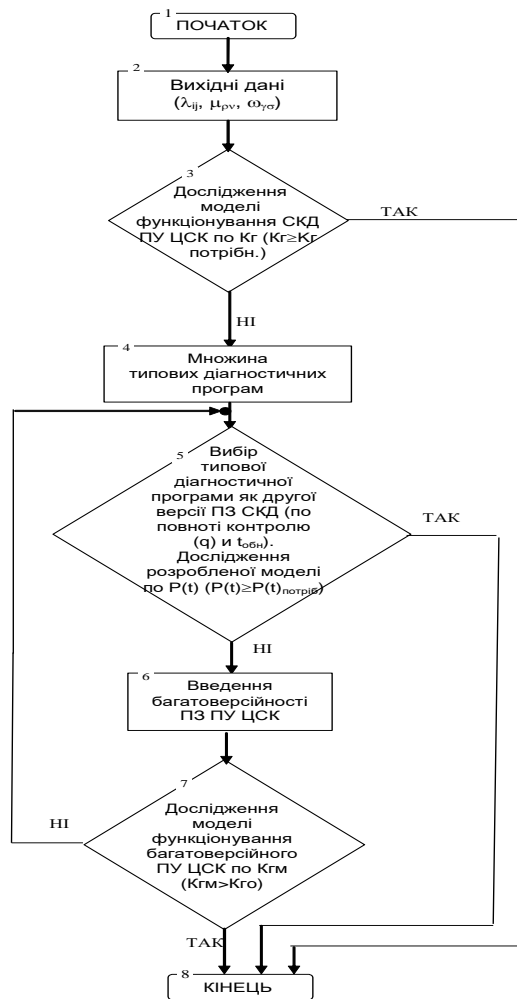


Рис. 16. Методика вибору типових програм

Розроблений метод дозволяє отримати ряд практичних рекомендацій відносно удосконалення контролю та діагностування ПУ ЦСК та зведений до методики вибору типових діагностичних комплектів програм з множини існуючих для кожної конкретної ЦСК.

ВИСНОВКИ

У роботі розв'язана наукова задача щодо підвищення надійності ПУ ЦСК шляхом розробки моделей і метода підвищення надійності ПУ ЦСК на основі використання типових пакетів діагностичних програм. За результатами розв'язання сформульованої наукової задачі можна зробити наступні висновки:

- розроблено метод підвищення надійності ПУ ЦСК на основі застосування типових комплектів діагностичних програм, що дає можливість комплексно оцінити вплив різних видів несправностей на готовність ПУ ЦСК і обґрунтувати рекомендації щодо введення багатоверсійності програм їх контролю та діагностування. На основі методу для практичного використання розроблено методику вибору типових діагностичних комплектів програм з множини існуючих для кожної конкретної ЦСК;

- проведено аналіз принципів побудови ЦСК. Показано, що вони мають однотипні блоки та пристрої, які виконують аналогічні функції, і, отже, зроблені висновки про те, що в них доцільно використовувати однотипні програми контролю та діагностування. Проведено аналіз існуючих методів підвищення надійності ЦСК, який показав, що для ЦСК різних виробників використовуються аналогічні методи. Тому для них можуть застосовуватися стандартні методи підвищення надійності;

- розроблені математичні моделі двоканальної МС з двома версіями ПЗ та отримані аналітичні залежності для визначення ІБР з урахуванням нерівнонадійності версій ПЗ;
- проведене дослідження показало, що доцільно вводити багатоверсійність ПЗ в двоканальні ПУ ЦСК. Однак необхідно добиватися, щоб ІБР другої версії була не менше, ніж ІБР першої версії. У випадку двоверсійного ПЗ при нерівнонадійності версій збільшується надійність МС;
- за результатами проведених досліджень пропонується використовувати для контролю та діагностування окремих пристроїв (наприклад, ПУ ЦСК) не знову розроблені програми технічного обслуговування, а типові комплекти діагностичних програм;
- розроблено та проведено дослідження моделей, що описують процес функціонування системи контролю та діагностування ПУ ЦСК, які враховують апаратні, програмні відмови, збої, хибні та невиявлені відмови. Це дозволило визначити параметри, що найбільше впливають на готовність ПУ ЦСК на основі аналізу графічних залежностей значення коефіцієнта готовності від різних інтенсивностей відмов і збоїв;
- типові діагностичні програми (CheckIt, Fix-It, Norton Utilities та інші) та окремі їх модулі можна використовувати в якості програм технічного обслуговування ПУ ЦСК, побудованих по принципу багатоверсійності спільно з існуючими програмами діагностики ПУ ЦСК, записаними в постійній запам'ятовуючій пристрій виробником;
- проведене дослідження розроблених моделей функціонування ПУ ЦСК з одноверсійним ПЗ та двоверсійним ПЗ, що на відміну від існуючих, враховують відмови як АЗ, так і ПЗ, показало, що доцільно застосовувати багатоверсійність ПЗ технічного обслуговування системи для підвищення надійності ПУ ЦСК, коли в якості другої версії використовуються типові програми для діагностики МС, що дозволить підвищити готовність ПУ ЦСК до 25%;
- за результатами проведених досліджень моделей розроблений комплекс практичних рекомендацій щодо запропонованих моделей, методики вибору типових пакетів діагностичних програм та методу підвищення готовності ПУ ЦСК на основі застосування типових комплектів діагностичних програм.

Таким чином, в дисертаційній роботі поставлено і вирішено наукову задачу розробки моделей і методу підвищення надійності ПУ ЦСК з використанням стандартних програмних рішень для їх контролю та діагностування, а також методики вибору типових комплектів діагностичних програм з багатьох існуючих з урахуванням вимог до їх повноти контролю.

Достовірність отриманих наукових висновків і положень підтверджується: коректністю постановки задачі на дослідження; застосуванням апробованих математичних методів вирішення задач; результатами практичного використання розробленого методу підвищення надійності ПУ ЦСК; обґрунтованістю допущень, прийнятих при розробці графів станів моделей і аналітичних оцінок надійності, виходячи з досвіду проектування й експлуатації ЦСК і статистичних даних відомих фірм про відмови АЗ і ПЗ ЦСК.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Артеменко Е.А., Пискачева М.А. Стандартизация программного контроля цифровых коммутационных станций как путь обеспечения их требуемой надежности// Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків: УкрДАЗТ, 2004. – Вип. 3 – С. 55 – 61.
2. Артеменко Е.А., Пискачева М.А. Модель контролю функціонування керуючого пристрою цифрової комутаційної станції// Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2005. – Вип. 71 – С. 77 – 87.
3. Харченко В.С., Пискачева М.А., Пискачева И.В. Методика выбора архитектур многоверсионных мажоритарно-резервированных цифровых управляющих вычислительных систем на основе приоритетных рядов и варианты аппаратной реализации их мажоритарных элементов // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - Харків: УкрДАЗТ,

2005.- Вип. 1 – С. 70-74.

4. Артеменко Е.А., Пискачева М.А. Метод выбора широко распространенных пакетов диагностических программ для контроля и диагностирования устройства управления цифровых систем коммутации // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2006. – Вип. 78. – С. 172- 184.

5. Пискачева М.А., Дремлюга А.В. Исследование моделей контроля функционирования устройства управления цифровой коммутационной станции // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2006.- №7 (19). – С. 132-135.

6. Артеменко Е.А., Пискачева М.А., Пискачева И.В. Метод повышения надежности цифровых автоматических телефонных станций с применением дублирования аппаратных средств и многоверсионности программного обеспечения // Зб. наук. праць. – Харків: ОНДІ ЗС, 2007. – Вип. 1(6) – С.186 –191.

7. Піскачова М.О. Аналіз методів контролю та діагностування цифрових систем комутації // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2005. – Вип. 6 – С. 74 – 81.

8. Артеменко Е.А., Пискачева М.А. Стандартизация программного контроля цифровых автоматических станций как путь обеспечения их требуемой надежности (17 міжнародна науково-практична конференція «Перспективні системи управління на залізничному, промисловому та міському транспорті»). - №5. – Харків-Алушта. – 2005. – С. 110.

9. Артеменко Е.А., Пискачева М.А. Анализ методов обеспечения требуемой надежности управляющего устройства цифровых коммутационных станций // Тези доповідей. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті // Тези доповідей. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті (18 міжнародна науково-практична конференція «Перспективні системи управління на залізничному, промисловому та міському транспорті»). - №5. – Харків-Алушта. – 2005. – С. 96.

10. Артеменко Е.А., Пискачева М.А. Модель контроля функционирования управляющего устройства цифровой коммутационной станции // Тезисы доклада. Телекоммуникационные технологии и сети (2-й международный радиоэлектронный форум “Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития.”). – Том 4. – Харьков. – 2005. – С. 47-51.

11. Артеменко Е.А., Пискачева М.А. Анализ результатов моделирования процесса контроля функционирования управляющего устройства цифровых коммутационных станций // Тези доповідей. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті (18 міжнародна науково-практична конференція «Перспективні системи управління на залізничному, промисловому та міському транспорті»). - №4.(додаток) – Харків-Алушта. – 2006. – С. 15.

12. Пискачева М.А., Дремлюга А.В. Исследование моделей контроля функционирования устройства управления цифровой коммутационной станции // Доповідь. Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2006. №7 (19). – С. 132-135.

13. Піскачова М.О., Піскачова І.В. Основні принципи забезпечення надійності та безпеки програмного забезпечення критичних мікропроцесорних систем // Проблеми інформатики та моделювання. Матеріали 6 міжнародної науково-технічної конференції. – Х.: НТУ “ХП”, 2006.- С. 44-45.

АНОТАЦІЯ

Піскачова М.О. Підвищення надійності пристроїв управління цифрових систем комутації на основі вдосконалення програмного контролю та діагностування. – Рукопис.

Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі. – Українська державна академія залізничного транспорту, Харків, 2007.

Дисертаційна робота присвячена пошуку нових підходів до забезпечення потрібної надійності цифрових систем комутації (ЦСК) та їх пристроїв управління (ПУ) та розробці на їх основі методу підвищення надійності ПУ ЦСК з використанням типових пакетів діагностичних програм.

Виконано аналіз структур широко розповсюджених ЦСК і методів забезпечення їх надійності. Встановлено, що структури ЦСК різних виробників схожі. Отримані аналітичні залежності імовірності безвідмовної роботи двоканальних мікропроцесорних систем до першої відмови, які ураховують нерівнонадійність версій програмного забезпечення. Розроблені моделі контролю функціонування ПУ ЦСК на стаціонарному відрізку праці, тобто при сталому режимі. По отриманим значенням імовірностей знаходження ПУ ЦСК в кожному стані, проведено оцінку характеристик готовності досліджуваної системи, що дозволило провести ранжирування параметрів контролю, що найбільш сильно впливають на значення коефіцієнта готовності. Розроблений метод підвищення надійності ПУ ЦСК на основі застосування типових комплектів діагностичних програм, що дозволяє отримати практичні рекомендації по проведенню контролю та діагностування ПУ ЦСК. На основі методу для надання практичних рекомендацій розроблена методика вибору типових діагностичних комплектів програм з множини існуючих для кожної конкретної ЦСК.

Ключові слова: надійність, контроль та діагностування, коефіцієнт готовності, пристрої управління, апаратні засоби, програмне забезпечення.

АННОТАЦІЯ

Пискачева М.А. Повышение надежности устройств управления цифровых систем коммутации на основе усовершенствования программного метода контроля и диагностирования. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.02 – Телекоммуникационные системы и сети. – Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, 2007.

Диссертационная работа посвящена поиску новых подходов к обеспечению требуемой надежности цифровых систем коммутации (ЦСК) и их устройств управления (УУ) и разработке на их основе метода повышения надежности УУ ЦСК с использованием типовых пакетов диагностических программ.

Проведен анализ структур наиболее распространенных ЦСК и методов обеспечения их надежности. В процессе анализа установлено, что структуры ЦСК разных производителей схожи. Они имеют однотипные элементы, блоки и устройства, которые выполняют те же функции, следовательно, можно сделать вывод о том, что в них могут использоваться однотипные программы контроля и диагностирования. В структурах разных ЦСК используются типовые элементы, поэтому для них могут применяться стандартные методы повышения надежности.

В соответствии с проведенным в разделе анализом сформулирована общая научная задача диссертации, и ряд частных задач, связанных с разработкой метода повышения надежности УУ ЦСК при использовании типовых комплектов диагностических программ для их контроля и диагностирования.

Обосновано выбранное направление исследований. Проведено сравнительное исследование существующих программ технического обслуживания ЦСК и типовых комплектов диагностических программ (CheckIt, Fix-It, Norton Utilities и т.д.), которое показало, что в них используются аналогичные тестовые комбинации 0 и 1 для диагностики типовых элементов МС. Таким образом, существует возможность применения типовых пакетов диагностических программ в качестве программ контроля УУ ЦСК. Проведено исследование целесообразности введения многоверсионности программного обеспечения (ПО) для микропроцессорных систем (МС). Получены аналитические зависимости вероятности безотказной работы двухканальных МС до первого отказа, учитывающие неравнонадёжность версий ПО. Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что для повышения надежности УУ ЦСК необходимо вводить многоверсионность ПО из-за уменьшения надежности его в связи со значительной сложностью и большим объемом решаемых задач, а также требуемым значительным гарантийным сроком эксплуатации систем.

Разработаны модели контроля функционирования УУ ЦСК на стационарном отрезке работы, то есть при установившемся режиме. Согласно анализу статистических данных с большой степенью доверия выбраны исходные данные для исследований, на основе которых решены ДЛР Колмогорова и получены значения вероятностей нахождения УУ ЦСК в каждом из возможных состояний, и значения коэффициента готовности системы. По полученным значениям вероятностей нахождения УУ ЦСК в каждом состоянии, проведена оценка характеристик готовности исследуемой системы. Проведенное моделирование позволило провести ранжирование параметров контроля, наиболее сильно влияющих на значение коэффициента готовности.

Разработан метод повышения надежности УУ ЦСК на основе применения типовых комплектов диагностических программ на основе анализа величин показателей надежности. Метод позволяет сформулировать ряд рекомендаций относительно осуществления контроля и диагностирования УУ ЦСК. На основе метода для получения практических рекомендаций разработана методика выбора типовых диагностических комплектов программ из множества существующих для каждой конкретной ЦСК.

Проведено исследование метода повышения надежности МС на основе использования двух версий ПО, выполняющих аналогичные функции контроля и диагностирования. Проведенное исследование разработанных моделей показало, что используемое в данное время в УУ ЦСК одновариантное ПО не позволяет повысить значение коэффициента готовности до требуемого уровня, то для повышения надежности УУ ЦСК необходимо вводить многовариантность ПО. При этом необходимо добиваться, чтобы интенсивность отказов второй версии ПО была меньше, чем интенсивность отказов первой (исходной) версии, иначе введение многовариантности нецелесообразно.

Ключевые слова: надежность, контроль и диагностирование, коэффициент готовности, устройства управления, аппаратные средства, программное обеспечение.

SUMMARY

Piskachjova M.A. Increase of dependability devices of management of digital switch systems on the basis of improvement of a program quality control and diagnosing. - Manuscript.

Dissertation for the candidate's degree of technical science in a speciality 05.12.02 – Telecommunication systems and networks. – Ukrainian State Academy of a railway Transport, Kharkov, 2007.

The dissertation is devoted to search of new approaches to maintenance of required reliability of digital systems of switching (DSS) and their management unit (MU) and development on their basis of a method of increase of MU DSS' reliability on the basis of using typical packages of diagnostic programs. The analysis of structures widely distributed DSS and methods of maintenance of their reliability is executed. It is established, that structures DSS of different manufacturers are similar. The received analytical dependences of probability of non-failure operation of two-channel microprocessor systems to first failure, taking into account with different reliability of versions. Models of the control of functioning MU DSS on a stationary piece of job are developed, that is at the established mode. On the received values of probabilities of presence MU DSS in each condition, the estimation of characteristics of readiness of researched system that has allowed to carry out ranging of parameters of the control most strongly influencing values of factor of readiness is carried out. The method of increase of reliability MU DSS is developed on the basis of use of typical diagnostic programs which allows to formulate a line of recommendations on monitoring procedure and diagnosing MU DSS and shown to a technique of a choice of typical diagnostic complete sets of programs from set existing for everyone concrete DSS.

Key words: reliability, the control, diagnosing, factor of readiness, the device of management, hardware, the software.