

управління доцільною є перевірка керованості стану мережі.

Ключові слова: оптимальне управління, функція корисності, безпроводові телекомунікаційні мережі.

В статтю приведена концепція оптимального управління безпроводними телекомунікаційними сетями нового покоління. Указано, що концепція ґрунтується на двосторонній функції полезности абонента. Описано методи оптимального управління безпроводними телекомунікаційними сетями нового покоління для різних типів сервисів. В статтю підкреслено, що перед діяннями оптимального управління целесообразно провести перевірку управляемости состояния сети.

Ключевые слова: оптимально управление, функция полезности, беспроводные телекоммуникационные сети.

Formation of the concept optimal control for new generation wireless telecommunications networks is shown in the article. Concept is based on a dual subscriber utility function. New generation wireless telecommunications networks optimal control methods are described for different types of services. The article stressed that, before acting optimal control it is advisable to check the controllability of the network status.

Keywords: optimal control, utility function, wireless telecommunications networks.

УДК 656.25

КОСТИК А.М., аспірант (УкрДАЗТ),
ЧЕПЦОВ М.М., д.т.н., професор (ДонІЗТ УкрДАЗТ),
БОЙНИК А.Б., д.т.н., професор (УкрДАЗТ)

Аналіз методів виявлення відмов у мікросхемах великого ступеня інтеграції, що застосовуються у сучасних системах залізничної автоматики

Kostik A.M., graduate student (USART),
Cheptsov M.M., Dr. Eng., Professor (DRTI USART),
Boinik A.B., Dr. Eng., Professor (USART)

The analysis of methods of failure identification in microcircuits of high degree integration which are used in modern systems of railway automation

Вступ

Для збільшення провізної та пропускної спроможності залізниці, особливо на вантажонапружених напрямках, та задля розширення потужностей інфраструктурних об'єктів залізниці важливе значення мають системи залізничної автоматики, що забезпечують автоматизацію процесу регулювання руху поїздів та безпеку їх руху. Одним з головних засобів удосконалення роботи систем залізничної автоматики є підвищення їх надійності та збільшення функ-

ціональних можливостей за рахунок застосування сучасних елементів автоматики. Але залишається ймовірність виникнення відмов у роботі цих елементів. Порушення умов безпеки у системах залізничної автоматики класифікується як небезпечна відмова, а реєстрація несправності та блокування системи – захисна відмова. З початку застосування мікропроцесорних систем на залізницях окрім небезпечної та захисної відмови з'явилися так звані масковані відмови.

Основна частина

Масковані відмови – це дефекти технічних засобів, що не призводять до порушення функціонування системи. Серед таких відмов є такі що виявляються і не виявляються. Останні можуть призвести до накопичення небезпечних відмов, а згодом і до порушення функціонування та можливості виникнення небезпечної відмови.

Перспективним напрямом є реалізація складних систем залізничної автоматики на інтегральних мікросхемах великого ступеня інтеграції. При використанні такої елементної бази для досягнення необхідних показників безпеки застосовують поєднання різних видів резервування з контролем і діагностикою появи збоїв і відмов елементів [1]. При розробці систем на основі мікропроцесорних мікросхем великого ступеня інтеграції необхідно враховувати, що чимало елементів використовуються багаторазово у процесі виконання програми. До того, окремі відмови мікросхем великого ступеня інтеграції, наприклад, відмови у живлячих виводах, можуть призвести до спотворень у роботі інших мікросхем великого ступеня інтеграції, а також до появи нових паразитних зв'язків між елементами. Наслідки таких відмов можуть проявлятися у різноманітних елементах мікропроцесорних інформаційно-керуючих систем, які навіть не мають прямого зв'язку з джерелом відмови [2].

Вимоги до безпеки роботи мікропроцесорних систем на залізницях світу регламентовані нормативними документами такими, як: ІЕС 61508, що відповідає за функціональну безпеку електричних, електронних та програмованих електронних систем, що пов'язані з безпекою, та використовується для визначення систем безпеки загального виду; Специфікація та підтвердження надійності, наявності, ремонтпридатності та безпеки - EN 50126, що визначає менеджмент безпеки в залізничних проєктах; Система сигналізації, телекомунікацій та обробки даних. Програмне забезпечення для систем управління та безпеки - EN 50128, що визначає менеджмент про-

грамного забезпечення, що вирішує проблеми безпеки; Електронні системи безпеки для сигналізації – EN 50129, що визначає порядок доказу безпеки залізничних продуктів, особливо сигналізації.

Згідно з міжнародними європейськими нормативними документами EN50129, у яких визначений алгоритм аналізу відповідності системи до вимог безпеки, на рис.1 наведені види відмов програмованих мікросхем великого ступеня інтеграції [3]. Найбільша кількість відмов відбувається у оперативному запам'ятовуючому пристрої та постійно запам'ятовуючому пристрої у вигляді спотворення інформації або повного руйнування інформації, що зберігається через навіть короточасну відсутність зовнішнього живлення.

Усі види відмов у сучасних цифрових пристроях, зазвичай, класифікуються за їхнім проявом: пробій - відмова, в результаті якої в мікросхемі з'явився статичний рівень логічної одиниці, обрив - відмова, в результаті якої в мікросхемі з'явився статичний рівень логічного нуля [8]. Одним з методів визначення безпеки функціонування мікропроцесорної системи є розгляд питання про мінімально досяжне значення ймовірності небезпечної відмови мікропроцесорного пристрою керування рухом поїздів, у структурі якого відсутнє резервування, а для опису вхідних і вихідних даних застосовується двійковий алфавіт [9, 10]. Розглянемо мікропроцесорний пристрій, що реалізує відповідальні функції по керуванню рухом поїздів, здійснює логічну обробку вхідних даних, що надходять від контактів реле першого класу надійності, і керує виконавчими пристроями, такими як реле. При замкнутому фронтальному контакті напруга живлення впливає на вхідні ланцюги пристрою, подаючи рівень логічної одиниці, а при розімкнутому контакті – логічний нуль, тобто в схемі використовується двійковий алфавіт опису даних [11]. Отже справедливе наступне твердження, що ймовірність виникнення небезпечної відмови в мікропроцесорному пристрої керування рухом поїздів, за умови застосування двійкового алфавіту

опису даних і при відсутності резервування, обмежена зверху значенням імовірності виникнення відмови типу пробій вхідних кіл апаратних засобів, і не може бути

зменшена за рахунок нарощування функціональних можливостей програмного забезпечення [12].



Рис.1. Види відмов програмованих мікросхем великого ступеня інтеграції.

Як було зазначено вище, типовими несправностями мікропроцесорних і електронних пристроїв, що виникають унаслідок різних причин, є пробій і обрив. З фізичної області на логічному й функціональному рівні вони відображаються у виді константних значень «1» або «0» відповідно. Тоді, не існує можливості інформаційного розмежування стану замикання контакту від пробою, а розмикання від обриву у внутрішніх ланцюгах мікропроцесорного пристрою. Аналогічно для вихідних ланцюгів – пробій по виходу приведе до спрацьовування реле незалежно від логічних умов, що задаються контактами.

Вхідними даними для функціонування програмного забезпечення є стан контактів, а одержання додаткової інформації не передбачено, саме тому будь-яке нарощування складності програмного забезпечення не може привести до виявлення відмов при перерахованих вище умовах роботи.

Оскільки умови безпеки обов'язково перевіряються фронтними контактами реле першого класу надійності, а також виконання відповідальної функції забезпечується подачею напруги на виконавчі пристрої, то значення ймовірності виникнення небезпечної відмови не може бути менше

ймовірності виникнення відмови типу пробій мікропроцесорного пристрою [12], тобто

$$Q_o(t) \geq Q_1(t), \quad (1)$$

де $Q_o(t)$ - імовірність виникнення небезпечної відмови мікропроцесорного пристрою керування рухом поїздів;

$Q_1(t)$ - імовірність виникнення відмови типу пробій.

Представимо цей висновок випадком фізичного ушкодження [13], що, зазвичай, часто зустрічається в практиці на рис.2.

У наслідок такого фізичного ушкодження напруга лінії L1 присутня в лінії L2

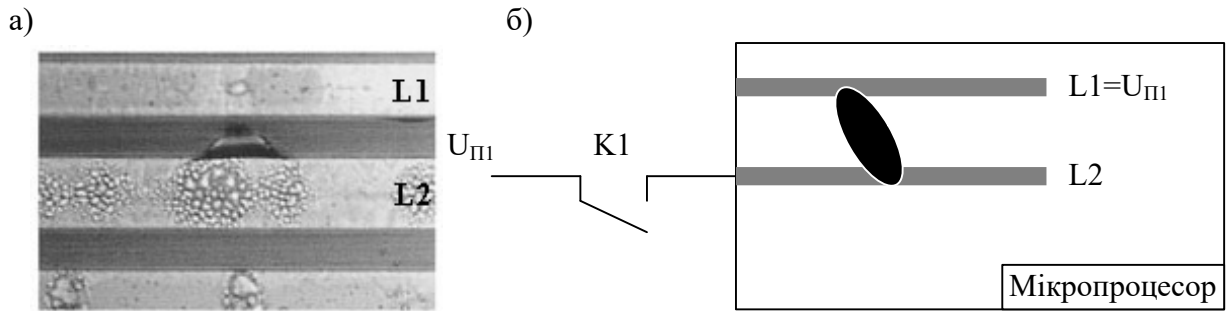


Рис. 2. Замикання струмопровідних ліній у мікропроцесорному пристрої внаслідок фізичного ушкодження: а) фотографія; б) схематичне представлення

Загальна інтенсивність відмов мікропроцесорного пристрою, за умови що всі види відмов виявляють себе як пробій і обрив, [12]

$$\lambda = \lambda_0 + \lambda_1. \quad (3)$$

Інтенсивність відмов типу пробій тоді дорівнює

$$\lambda_1 = \frac{1}{2} \lambda, \quad (4)$$

відповідно до (2), при експонентному законі розподілу небезпечних відмов справедливо наступне [12]

$$Q_o(t) \geq 1 - e^{-\frac{1}{2}\lambda t}. \quad (5)$$

і в мікропроцесорний пристрій починає надходити інформація про замкнутий контакт K1, отже, відсутня перевірка необхідної умови безпеки, що є небезпечною відмовою.

Як свідчить практика застосування мікроелектронних і мікропроцесорних пристроїв відмова типу пробій і обрив однаково ймовірні [12, 14, 15, 16]

$$Q_0(t) = Q_1(t). \quad (2)$$

При експонентному законі розподілу відмов їх інтенсивності також рівні: $\lambda_0 = \lambda_1$.

Імовірність безпечної роботи мікропроцесорного пристрою, що має програмне забезпечення, за умови незалежності відмов програмного забезпечення (ПЗ) і технічних засобів (ТЗ), визначається відповідно виразу [4]

$$P_o(t) = P_o^{TЗ}(t) P_o^{ПЗ}(t). \quad (6)$$

Вважаючи, що $P_o(t) = 1 - Q_o(t)$, для ідеального випадку, якщо $P_o^{ПЗ}(t) = 1$, програмне забезпечення не погіршує параметрів безпеки, проте, у реальних мікропроцесорних пристроях значення імовірності виникнення небезпечної відмови може тільки збільшитися за рахунок наявності помилок у програмному забезпеченні [12].

Отже, застосування мікропроцесорних і мікроелектронних елементів у пристроях, що відповідають за безпеку руху поїздів при структурі, у якій не передбачено резервування, можливе за умови, якщо інтенсивність їх відмов буде, як мінімум, у два рази менше значень, регламентованих у ДСТУ 4178-2003 [7].

Раніше розроблені методи визначення безпеки функціонування елементів мікропроцесорних систем управління рухом поїздів за допомогою програмних середовищ моделювання таких, як PSpice фірми "Microsim Corp", DUSIE фірми "ALDEC", PCAD фірми "Personal CAD Systems, Inc.", OrCAD фірми "OrCAD Systems, Corp." не дозволяють у повному обсязі вносити несправності до програмованих елементів (наприклад, мікроконтролери, мікросхеми пам'яті, порти вводу-виводу, програмовані таймери). Останні дані свідчать, що ймовірність небезпечної відмови у сучасних мікропроцесорних системах автоматики дорівнює близько $1,6 \times 10^{-10}$ за годину роботи. Такий кількісний показник говорить про невелику можливість виявлення відмови у процесі тестування роботи елементів мікропроцесорної системи. Для виявлення відмов у програмованих елементах необхідно проводити комплекс заходів, що складається з імітаційного моделювання роботи елементів, а також безпосередньо діагностику та тестування елементів мікропроцесорної системи. Так при імітаційному моделюванні необхідно також враховувати, що рівень перешкод, при якому спостерігається формування неправдивих сигналів управління та контролю, залежить від таких факторів, як типу апаратури, температури, взаємного впливу апаратури та інш. Відповідні заходи повинні надавати інформацію про можливість накопичення відмов у внутрішній структурі, про стійкість функціонування при впливі електромагнітних перешкод та спотворення вхідного сигналу, про наявність відмов технічних засобів, про тип спотворення обчислювального процесу за наявності відмов технічних засобів, про наявність помилок у програмному забезпе-

ченні, що може призвести до порушення в безпечній роботі системи в цілому [5].

Вимоги до стійкості систем залізничної автоматики до електромагнітних перешкод згідно умов безпеки вважаються виконаними, якщо у процесі всіх досліджень при впливі різних видів перешкод у жодного елемента системи, що тестується, не було зафіксовано реакції, що відповідає небезпечній відмові. У випадку виявлення відмов, що можуть викликати неприпустимі збої в роботі, виконують імовірнісну оцінку можливості появи цих відмов. Дослідження систем залізничної автоматики вважається вдалим, якщо ймовірність появи відмов не перевищує припустимої ймовірності небезпечної несправності [6].

Висновки

Впровадження сучасних мікропроцесорних систем залізничної автоматики можливе лише за умови дотримання вимог із забезпечення необхідного рівня функціональної безпеки. Це можливо за допомогою застосування одночасно декількох методів виявлення відмов у системах. Комплекс вище зазначених проаналізованих заходів спрямований на дотримання концепції безпеки для мікроелектронних систем, згідно якої навіть поодинокі дефекти програмованих або апаратних засобів не повинні призводити до небезпечних відмов та повинні виявлятися з заданою ймовірністю при робочих та тестових впливах не пізніше, ніж у системі виникне другий дефект, а за наявності несправностей програмне забезпечення не генерує сигнали управління або сигналізації, що можуть порушити умови безпеки руху поїздів. А програмне забезпечення мікропроцесорного пристрою може підвищити його безпеку тоді, коли у вхідних і вихідних даних окремим значенням повинен бути виділений стан несправності.

Список літератури:

1. Основные принципы обеспечения безопасности и безотказности микропроцессорных систем железнодорожной авто-

матики и телемеханики. Р 858. 1 издание. Организация сотрудничества железных дорог (ОСЖД), 2006 – с.3.

2. Бочков К.А., Харлап С.Н. Методы обеспечения безопасности в микропроцессорных системах железнодорожной автоматики и телемеханики: Учеб. пособие для студентов транспортных специальностей высших учебных заведений – Гомель: БелГУТ, 2001.-84с.- с 6.

3. Железные дороги мира [Электронный ресурс] (Менеджмент безопасности согласно нормам EN50126, EN50128, EN50129). – Режим доступа: <http://1430mm.ru>.

4. Чепцов М.М, Бойнік А.Б., Кузьменко Д.М. Методи синтезу сигнально-процесорної централізації стрілок і сигналів: Монографія. – Донецьк: “ДонІЗТ”, – 2010. – 181 с.

5. Бочков К.А., Харлап С.Н., Шевченко Д.Н. Методы и средства доказательства функциональной безопасности микроэлектронных систем железнодорожной автоматики.– Гомель: БелГУТ, 2011. - с.73-81.

6. Сапожников В.В., Сапожников Вл.В., В.И. Талалаев и др. Сертификация и доказательство безопасности систем железнодорожной автоматики. – М.: Транспорт, 1997. – 288 с.

7. ДСТУ 4178-2003. Комплекси технічних засобів систем керування та регулювання руху поїздів. Функційна безпечність і надійність. Вимоги та методи випробування. – Затв. та введ. 04.09.2003. – К.: Держспоживстандарт України. 2003. – 31 с.

8. Скобцов Ю.А. Логическое моделирование и тестирование цифровых устройств / Ю.А. Скобцов, В.Ю. Скобцов, – Донецк: ИПММ НАН Украины, ДонНТУ, – 2005. – 436 с.

9. Чепцов М.Н. Применение аналитического метода для синтеза функциональных моделей обеспечения безопасности в системах микропроцессорной централизации / М.Н. Чепцов // Зб. наук. праць ДонІЗТ. Випуск 12, – Донецьк, - 2007, - с. 81-90.

10. Чепцов М.Н. Экспоненциальный закон распределения отказов программного обеспечения систем управления движением поездов / М.Н. Чепцов // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - №4, - 2007. - с. 18.

11. Чепцов М.Н. Метод определения параметров безопасности программного обеспечения в микропроцессорных системах управления движением поездов / М.Н. Чепцов // Зб. наук. праць ДонІЗТ. – Донецьк. – 2005. – №2 – с. 39 – 46.

12. Чепцов М.Н. Вероятность опасного отказа микропроцессорного устройства управления движением поездов / М.Н. Чепцов // Зб. наук. праць. ДонІЗТ. – Донецьк. – №9, - 2007, - с. 68-73.

13. Вольдман С. Громоотводы для наноэлектроники / С. Вольдман // В мире науки РосНОУ, – 2003. – №2 – с. 23 – 28.

14. Лисенков В.М. Безопасность технических средств в системах управления движением поездов / В.М. Лисенков. – М.: Транспорт, 1992. – 192 с.

15. Лисенков В.М. Статистическая теория безопасности движения поездов – М.: ВИНТИ РАН, – 1999. – 332 с.

16. Сапожников В.В. Надежность систем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи: Учебное пособие для вузов ж.д. трансп. / В.В.Сапожников, Вл.В. Сапожников, В.И. Шаманов; Под ред. Вл.В. Сапожникова. – М.: Маршрут, 2003. – 263 с.

Spysok Literatry:

1. Osnovnye printsypy obespecheniya bezopasnosti i bezotkaznosti mikroprotsessornykh system zheleznodorozhnoy avtomatiki i telemekhaniki. R 858. 1 izdanie. Organizatsiya sotrudnichestva zheleznykh dorog (OSZhD), 2006 – s.3.

2. Bochkov K.A., Kharlap S.N. Metody obespecheniya bezopasnosti v mikroprotsessornykh sistemakh zheleznodorozhnoy avtomatiki i telemekhaniki: Ucheb. posobie dlya studentov transportnykh spetsyalnostey vysshykh uchebnykh zavedeniy. – Gomel: BelGUT, 2001.-84 s.- s 6.

3. Zheleznyye dorogi mira [Elektronnyy resurs] (Menedzhment bezopasnosti soglasno normam EN50126, EN50128, EN50129). – Rezhym dostupa: <http://1430mm.ru>.
4. Cheptsov M.M., Boynik A.B., Kuzmenko D.M. Metody syntezy sygnalno-protse-sornoi tsentralizatsii strilok i sygnaliv: Monohrafiia. – Donetsk: "DonIZT", – 2010. – 181 s.
5. Bochkov K.A., Kharlap S.N., Shevchenko D.N. Metody i sredstva dokazatelstva funktsyonalnoy bezopasnosti mikroelektronnykh system zheleznodorozhnoy avtomatiki. – Gomel: BelGUT, 2011. – s.73-81.
6. Sapozhnikov V.V., Sapozhnikov V.I., Tallaev V.I. i dr. Sertifikatsiya i dokazatelstvo bezopasnosti system zheleznodorozhnoy avtomatiki. – M.: Transport, 1997. – 288 s.
7. DSTU 4178-2003. Kompleksy tekhnichnykh zacobiv system keruvannia ta rehu-lyuvannia rukhu poisdiv. Funktsiina bezpechnist i nadiinist. Vymohu ta metody vyprobuvannia. – Zatv. ta vvod. 04.09.2003. – K.: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2003. – 31 s.
8. Skobtsov Yu.A. Logicheskoye modelirovaniye i testirovaniye tsyfrovyykh ustroystv / Yu. Skobtsov, V.Yu. Skotsov, - Donetsk: IPMM NAN Ukrainy, DonNTU, - 2005. – 436 s.
9. Cheptsov M.N. Primeneniye analiticheskogo metoda dlya sinteza funktsyonalnykh modeley obespecheniya bezopasnosti v sistemakh mikroprotse-sornoy tsentralizatsyi / M.N. Cheptsov // Zb. nauk. prats DonIZT. Vypusk 12, - Donetsk, - 2007, - s. 81-90.
10. Cheptsov M.N. Eksponentsyalnyy zakon raspredeleniya otkazov programmnoy obespecheniya system upravleniya dvizheniyem poezdov / M.N. Cheptsov // Informat-siino-keruiuchi systemy na zaliznychnomu transporti. - №4, - 2007. - s. 18.
11. Cheptsov M.N. Metod opredeleniya parametrov bezopasnosti programmnoy obespecheniya v mikroprotse-sornyykh sistemakh upravleniya dvizheniyem poezdov / M.N. Cheptsov // Zb. nauk.prats DonIZT. – DonIZT. – Donetsk. – 2005. – №2 – s. 39 – 46.
12. Cheptsov M.N. Veroyatnost opasnogo otkaza mikroprotse-sornogo ustroystva upravleniya dvizheniyem poezdov / M.N. Cheptsov // Zb. nauk.prats DonIZT. – Donetsk. – №9, - 2007, - s. 68-73.
13. Voldman S. Gromootvody dlya nanoelektroniki / S. Voldman // V mire nauki RosNOU, – 2003. – №2 – s. 23 – 28.
14. Lysenkov V.M. Bezopasnost tekhnicheskikh sredstv v sistemakh upravleniya dvizheniyem poezdov / V.M. Lysenkov. – M.: Transport, 1992. – 192 s.
15. Lysenkov V.M. Statische-skaya teoriya bezopasnosti dvizheniya poezdov. – M.: VINITI RAN, - 1999. – 332 s.
16. Sapozhnikov V.V. Nadezhnost system zheleznodorozhnoy avtomatiki, telemekhaniki i svyazy: Uchebnoye posobiye dlya vuzov zh.d. transp. / V.V. Sapozhnikov, V.I. Shamanov; Pod red. V.I.V. Sapozhnikova. – M.: Marshrut, 2003. – 263 s.

Анотації:

У статті наведені найбільш відомі методи виявлення відмов у сучасних мікропроцесорних системах залізничної автоматики. Розглянута можливість використання мікропроцесорних пристроїв залізничної автоматики, у структурі яких не передбачено резервування.

Ключові слова: залізнична автоматика, відмова, мікропроцесор, мікросхема, ймовірність, безпека, програмне забезпечення.

В статье приведены наиболее известные методы выявления отказов в современных микропроцессорных системах железнодорожной автоматики. Рассмотрена теоретическая возможность использования микропроцессорных устройств железнодорожной автоматики, в структуре которых не предусмотрено резервирование.

Ключевые слова: железнодорожная автоматика, отказ, микропроцесор, микросхема, вероятность, безопасность, программное обеспечение.

The most known methods of failure identification in modern microprocessor systems of railway automatic equipment are given in the article. Theoretical possibility of use of microprocessor devices of railway automatic equipment, in the structure of which the reservation is not provided, is considered in the article.

Keywords: railway automation, failure, microprocessor, microcircuit, probability, safety, software.