

Збільшення періоду контролю справності пристроїв середнього рівня системи МПЦ-С

Розроблений спосіб та технічні заходи з підвищення безпеки функціонування середнього рівня мікропроцесорної централізації стрілок та сигналів МПЦ-С, які дозволяють збільшити максимальний час періодичного контролю справності елементів.

Ключові слова: МПЦ-Д, МПЦ-Ц, МПЦ-С, періодичний контроль, функційна безпеність, CAN-інтерфейс, ЕОМ залежностей.

Вступ

Невід'ємною складовою гарантування безпеки руху поїздів на залізничних станціях є забезпечення необхідного рівня функційної безпеності (ФБ) технічних засобів електричної централізації стрілок та сигналів (ЕЦ). В умовах її модернізації на базі мікроелектронних засобів та широкого впровадження мікропроцесорної централізації (МПЦ) ця проблема відчувається особливо гостро. Виконання ряду заходів, які розробляються в даній статті, дозволить підвищити показники функційної безпеності даних систем МПЦ або збільшити час періодичного контролю при збереженні попередніх показників з ФБ, головним чином за рахунок реорганізації інтерфейсу взаємодії з пристроями нижнього рівня.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями

Збільшення періоду контролю (часу періодичного контролю) справності системи керування при збереженні показників ФБ, що задовольняють відповідному рівню вимог, дозволяє ставити менш жорсткі вимоги до кваліфікації оперативного та технічного персоналу, а також зменшити його емоційну напруженість. Це дозволяє підвищити ергономічність та універсальність системи. Тому необхідно застосування додаткових методів та заходів з підвищення надійності ЕОМ залежностей мікропроцесорної централізації стрілок та сигналів, спрямованих на збільшення часу періодичного контролю [1 – 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання проблеми

В роботі [1] виконаний розрахунок показників функційної безпеності для базової конфігурації систем МПЦ виробництва НВП САТЕП (МПЦ-С) з децентралізованим та централізованим розміщенням обладнання нижнього рівня (відповідно МПЦ-Д та МПЦ-Ц). За аналогічною методикою виконується розрахунок для системи МПЦ з комбінованим розміщенням апаратури [2 – 6].

Виділення невирішених частин загальної проблеми

Як видно з праць [1 – 3], досягнення заданого рівня ФБ, при якому припустимим є застосування системи МПЦ на магістральному залізничному транспорті, вимагає надто короткої тривалості періоду контролю (від 1-ї до 3-х хвилин). Забезпечення такого періоду вимагає використання засобів неперервної технічної діагностики, яка формує необхідні повідомлення оперативному персоналу при виявленні відмов та збоїв. Проте такий підхід є малоприйнятним для МПЦ з точки зору надмірної емоційної напруженості персоналу та необхідності підтвердження надійності функціонування підсистеми технічної діагностики.

Зазначена недостатність періоду контролю викликана, перш за все, дефіцитом первинної інформації про надійність та безпеність окремих елементів середнього рівня МПЦ від їх виробників. Через це застосовуються завідомо завищенні значення інтенсивності їх відмов, що узгоджується з нормативними документами [8, 10].

Постановка завдань дослідження

Метою дослідження є розроблення організаційно технічних заходів та способів збільшення часу періодичного контролю середнього рівня МПЦ (на прикладі системи МПЦ-С) за рахунок підвищення ФБ окремих конструктивних рішень при збереженні комплектації відповідних пристроїв складовими технічними засобами.

Основна частина

Для підвищення ФБ одного каналу резервування підсистеми обробки логічних залежностей, яка складає середній рівень системи МПЦ, може бути передбачений наступний комплекс організаційних та технічних заходів:

- вилучення з розрахунково-логічної схеми ФБ (РЛСФБ) ЕОМ залежностей окремих елементів за рахунок автоматичного діагностування їхнього стану та припинення роботи ЕОМ при їх несправності;
- зменшення інтенсивності відмов окремих складових РЛСФБ за рахунок їхньої реконфігурації.

Вилучення з РЛСФБ окремих елементів потребує додаткових заходів, які б гарантували, що відмова даних елементів не призведе до небезпечної відмови МПЦ в цілому. З РЛСФБ ЕОМ залежностей можна вилучити такий елемент, як кулер [1]. В даному випадку кулер забезпечує необхідний температурний режим всередині ЕОМ залежностей, при якому інші

компоненти ЕОМ зберігають свої показники з надійності. При вилученні кулера передбачаються наступні додаткові заходи з забезпечення ФБ:

- програмно-апаратний контроль роботи кулера;
- автоматичне припинення роботи ЕОМ залежностей при припиненні роботи кулера.

Реконфігурація складових ЕОМ залежностей полягає в проведенні технічних заходів, спрямованих на перехід від послідовного до змішаного з'єднання внутрішніх складових окремих комплектуючих МПЦ. В даному випадку дана реконфігурація може бути застосована до технічних засобів CAN-інтерфейсу на базі CAN-плат PCI-1680U-AE, за допомогою якого здійснюється обмін даними між ЕОМ залежностей та об'єктами контролерами напільних пристроїв, а також модулями введення та виведення [6, 9].

Схема організації послідовного CAN-інтерфейсу на прикладі взаємодії з однією групою об'єктів централізації наведена на рис. 1 [2 – 4].

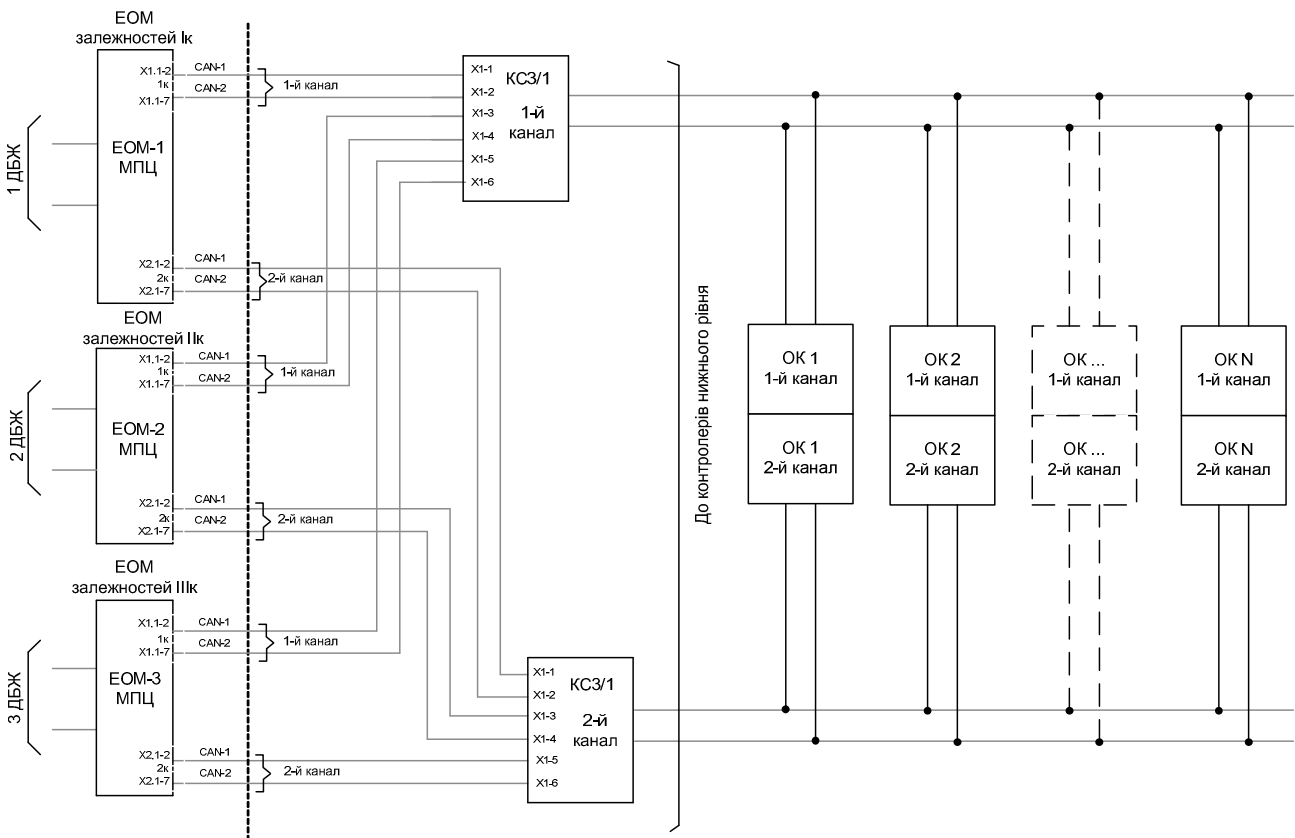


Рис. 1. Організація CAN-інтерфейсу в системі МПЦ-С

Команда керування формується в кожній ЕОМ залежностей і передається по кожному каналу послідовного CAN-інтерфейсу до мажоритуючих пристроїв – комутаторів зв'язку КСЗ/1 кожного каналу. При умові збігу інформації не менше ніж в

двох ЕОМ залежностей по кожному каналу, відповідний комутатор КСЗ/1 передає команду на підключений до нього канал контролеру напільного пристрою. Команда підлягає виконанню лише в тому випадку, якщо вона прийде по обом каналам CAN-

інтерфейсу на обидва канали контролера, що можливо лише за умови збігу інформації не менше ніж в двох каналах резервування середнього рівня МПЦ по обом каналам CAN-інтерфейсу. Передача сигналів контролю здійснюється у зворотному порядку. У разі відсутності збігу контрольної інформації по обом каналам CAN-інтерфейсу стан відповідного об'єкта сприймається як

найбільш небезпечний. Але організація обох каналів CAN-інтерфейсу для відповідної групи об'єктів в кожній ЕОМ залежностей здійснена по двом портам в рамках однієї фізичної інтерфейсної CAN-плати (рис. 2), що містить спільні для обох каналів елементи, які можуть сформувати небезпечну відмову по обом каналам.

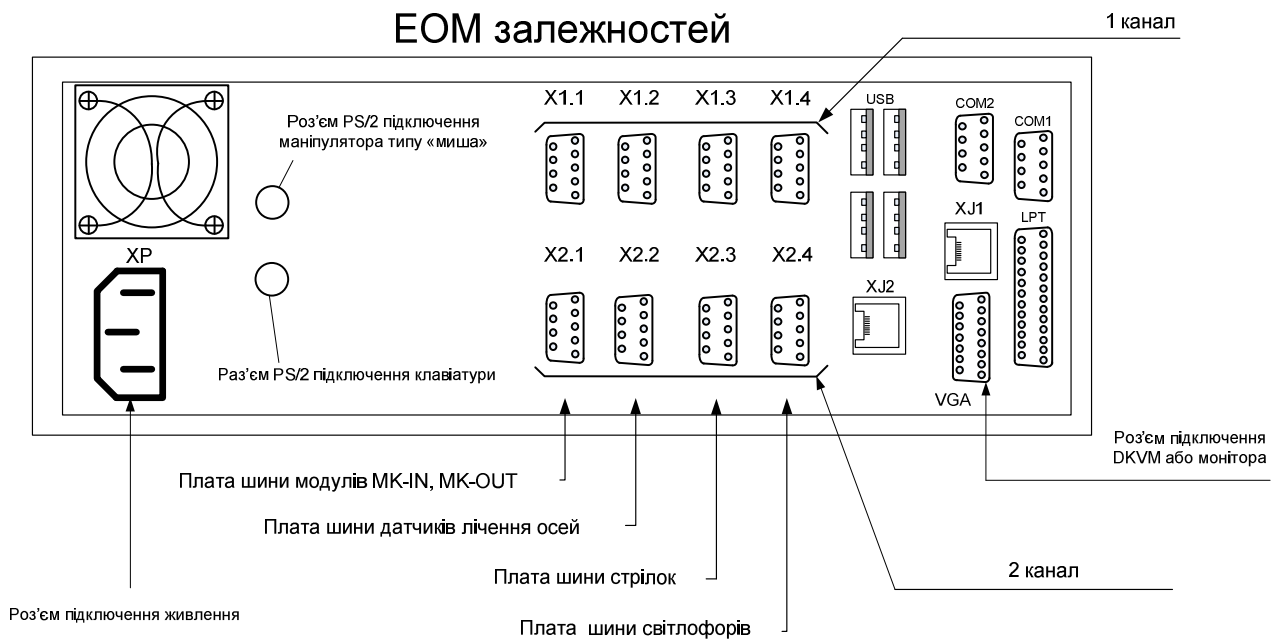


Рис. 2. Схема організації двох каналів CAN-інтерфейсу в рамках однієї CAN-плати для групи об'єктів

Визначення ступеню впливу спільних елементів плати на її функційну безпечність вимагає додаткового дослідження, яке ускладнене браком інформації про міжмодульну взаємодію компонентів у платі PCI-1680U-AE. Тому відповідно до [7, 8] вся інтерфейсна плата розглядається як єдиний пристрій, не дивлячись на декларовану виробником незалежність портів CAN-інтерфейсу [9] (принцип вибору «найгіршого» варіанта при розрахунку показників ФБ). У зв'язку з цим всі чотири CAN-плати з'єднані в РЛСФБ ЕОМ залежностей при такому підході послідовно (рис. 3).

Реконфігурація полягає в організації двох каналів CAN-інтерфейсу для кожної групи об'єктів не в рамках однієї CAN-плати, а по двом портам на різних (сусідніх) CAN-платах за принципом, що зображений на рис. 4.

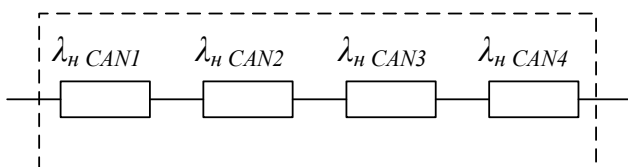


Рис. 3. РЛСФБ CAN-плат до ре конфігурації CAN-інтерфейсу

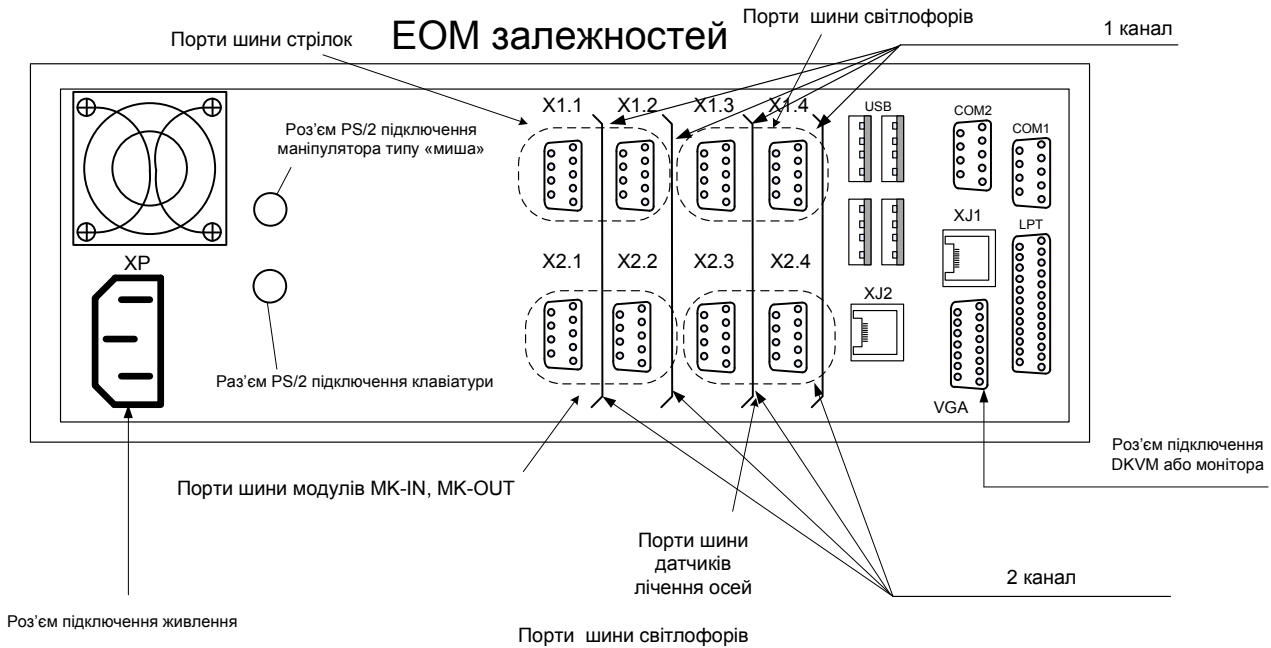


Рис. 4. Схема організації двох каналів CAN-інтерфейсу в рамках двох CAN-плат для групи об'єктів

При організації каналів CAN-інтерфейсу за даним принципом, РЛСФБ для CAN-плат, відповідно до [7], має вигляд, зображений на рис. 5.

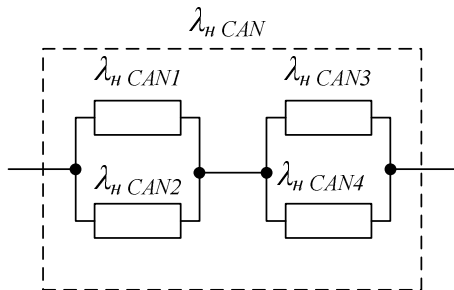


Рис. 5. РЛСФБ CAN-плат після реконфігурації CAN-інтерфейсу

При цьому, враховуючи ідентичність плат PCI-1680U-AE, має місце бути рівність:

$$\lambda_{n\text{ CAN1}} = \lambda_{n\text{ CAN2}} = \lambda_{n\text{ CAN3}} = \lambda_{n\text{ CAN4}} = \lambda_{n\text{ CANj}} \quad (1)$$

На рис. 5 зображений змішаний (послідовно-паралельний) вид з'єднання елементів в РЛСФБ [7, 8].

При експоненціальному законі розподілу небезпечних відмов ймовірність небезпечної відмови технічного засобу визначається за формулою [7, 8]

$$Q_n(t) = 1 - e^{-\lambda_n t} \quad (2)$$

де λ_n – інтенсивність небезпечних відмов технічного засобу;

t – час експлуатації технічного засобу.

Якщо функційна безпечність j -елементів у паралельному з'єднанні однакова, тоді загальна ймовірність небезпечної відмови технічного засобу дорівнює [7, 8]

$$Q_n(t) = Q_{nj}^m(t), \quad (3)$$

де $Q_{nj}(t)$ – ймовірність небезпечної відмови елемента паралельного з'єднання;

m – кількість елементів в паралельному з'єднанні.

На основі формул (1) – (3) та методики розрахунку показників функційної безпечності при змішаному з'єднанні елементів в РЛСФБ [7, 8] інтенсивність небезпечних відмов CAN-плат PCI-1680U-AE при їх з'єднанні в РЛСФБ так, як наведено на рис. 5, визначається як

$$\lambda_{n\text{ CAN}} = -K_{\text{ФБ CAN}} \frac{2 \ln[1 - (1 - e^{-\lambda_{n\text{ CANj}} t})^2]}{t}, \quad (4)$$

де $K_{\text{ФБ CAN}}$ – коефіцієнт ФБ плат PCI-1680U-AE, встановлений за даними експертних оцінок підприємства-розробника на рівні 0,1 (10%) [1].

Підставивши в формулу (4) значення інтенсивності небезпечних відмов однієї CAN-плати, знайдене в роботі [1] ($2,347 \times 10^{-6}$ 1/год), та вважаючи час

експлуатації системи рівним 10 років (87648 годин), з урахуванням коефіцієнту небезпечних відмов для плат PCI-1680U-AE отримуємо наступне значення інтенсивності небезпечних відмов при їх змішаному з'єднанні:

$$\lambda_{н\ CAN} = -0,1 \frac{2 \ln [1 - (1 - e^{-(2,347 \times 10^6) 87648})^2]}{87648} = 4,694 \times 10^{-7} \text{ 1/год.}$$

Після вилучення з РЛСФБ середнього рівня системи МПЦ кулера РЛСФБ ЕОМ залежностей, відповідно до [1], має вигляд, наведений на рис. 6.

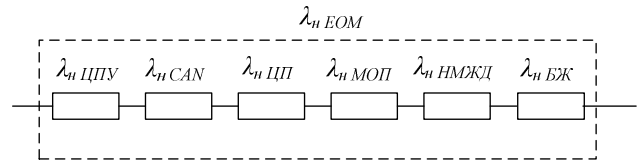


Рис. 6. РЛСФБ ЕОМ залежностей МПЦ

Інтенсивності небезпечних відмов складових РЛСФБ, а також загальна інтенсивність небезпечних відмов ЕОМ залежностей після реконфігурації CAN-інтерфейсу, яка визначається як сума інтенсивностей небезпечних відмов компонентів ЕОМ залежностей згідно [1], відповідає табл. 1. В ній враховані коефіцієнти небезпечних відмов для всіх елементів, встановлені в [1].

Таблиця 1

Визначення інтенсивності небезпечних відмов ЕОМ залежностей до і після реорганізації CAN-інтерфейсу

№ п/п	Тип елемента або групи елементів	Позначення в РЛСФБ	Інтенсивність небезпечних відмов, 1/год	
			До	Після
1	Материнська плата	ЦПУ	9,472 × 10 ⁻⁸	
2	Плати PCI-1680U-AE	CAN	До	3,388 × 10 ⁻⁶
			Після	4,694 × 10 ⁻⁷
3	Центральний процесор	ЦП	7,69 × 10 ⁻⁸	
4	Оперативна пам'ять	МОП	1,0 × 10 ⁻⁷	
5	Жорсткий диск («вінчестер»)	НЖМД	2,0 × 10 ⁻⁸	
6	Блок живлення	БЖ	1,0 × 10 ⁻⁷	
Сумарна інтенсивність небезпечних відмов, λнЕОМ:			До	4,249 × 10 ⁻⁶
			Після	8,61 × 10 ⁻⁷

Максимально можливий час періодичного контролю, при якому за отриманої інтенсивності небезпечних відмов ЕОМ залежностей досягається III і IV рівні вимог ФБ при мажоритарному навантаженню резервуванні «2 з 3-х», визначається із рівнянь [1, 7, 10]:

$$\frac{Q_{н(III\ рівень)}(t)}{t} = 3\lambda_{нЕОМ}^2 t_{к(III\ рівень)}, \quad (5)$$

$$\frac{Q_{н(IV\ рівень)}(t)}{t} = 3\lambda_{нЕОМ}^2 t_{к(IV\ рівень)},$$

де $\frac{Q_{н(III\ рівень)}(t)}{t}, \frac{Q_{н(IV\ рівень)}(t)}{t}$ – максимальні значення ймовірності небезпечної відмови МПЦ при досягненні відповідно III та IV рівня ФБ за ДСТУ 4178-2003 (дорівнюють відповідно $0,7 \times 10^{-10}$ та $0,14 \times 10^{-10}$ 1/год);

$t_{к(III\ рівень)}, t_{к(IV\ рівень)}$ – мінімальні значення періоду контролю для досягнення системою МПЦ відповідно III та IV рівня ФБ за ДСТУ 4178-2003.

З виразів (5) впливає наступні значення виграшу в збільшенні періоду контролю:

- абсолютне, Δt_k :

$$\Delta t_k = t_{к_зміш} - t_{к_посл} = \frac{Q_{н(i\ рівень)}(t)}{3t\lambda_{нЕОМ_зміш}^2} - \frac{Q_{н(i\ рівень)}(t)}{3t\lambda_{нЕОМ_посл}^2} = \frac{Q_{н(i\ рівень)}(t)(\lambda_{нЕОМ_посл}^2 - \lambda_{нЕОМ_зміш}^2)}{3t\lambda_{нЕОМ_посл}^2 \lambda_{нЕОМ_зміш}^2}, \quad (6)$$

- відносне, δt_k :

$$\delta t_k = \frac{t_{к_зміш} - t_{к_посл}}{t_{к_посл}} = \frac{3t\lambda_{нЕОМ_посл}^2 Q_{н(i\ рівень)}(t)}{3t\lambda_{нЕОМ_зміш}^2 Q_{н(i\ рівень)}(t)} = \frac{\lambda_{нЕОМ_посл}^2}{\lambda_{нЕОМ_зміш}^2}, \quad (7)$$

де i – рівень безпеки за ДСТУ 4178-2003 (III або IV);

$t_{к_посл}, t_{к_зміш}$ – відповідно час періодичного контролю середнього рівня МПЦ при послідовному та змішаному з'єднанні CAN-плат у РЛСФБ (тобто до і

після прийняття заходів щодо збільшення періоду контролю);

$\lambda_{нЕОМ_посл}$, $\lambda_{нЕОМ_зміш}$ – відповідно інтенсивність небезпечних відмов ЕОМ залежностей МПЦ при

послідовному та змішаному з'єднанні CAN-плат у РЛСФБ ЕОМ залежностей МПЦ.

Результати розрахунку відповідних параметрів ФБ за формулами (1) – (7) для системи МПЦ-С зведені до табл. 2.

Таблиця 2

Значення періоду контролю та його збільшення для системи МПЦ-С

Параметр	$\lambda_{нЕОМ_посл}$ 1/год	$\lambda_{нЕОМ_зміш}$ 1/год	$t_{к_посл}$ год	$t_{к_зміш}$ год	Δt_k год	δt_k разів
Значення III рівень ФБ	4,249×10 ⁻⁶	8,61 × 10 ⁻⁷	1,292	31,475	30,183	24,361
Значення IV рівень ФБ			0,258	+6,295	6,037	24,399

Відповідно до формули (7) значення δt_k має бути однаковим для III та IV рівнів ФБ, проте різниця його значень в таблиці 2 викликана похибкою обчислень, спричиненою округленням проміжних значень до третього знака після коми. Отже, при застосуванні додаткових заходів з підвищення ФБ, можна при прийнятному часі періодичного контролю, що становить більше 31 години досягти III рівня ФБ середнього рівня систем МПЦ при наведених в [1] комплектації ЕОМ залежностей, а при прийнятному часі періодичного контролю трохи більше 6 години – досягти IV рівня ФБ.

Висновки з дослідження та перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Зміна структури РЛСФБ дозволяє в ряді випадків суттєво підвищити час періодичного контролю справності елементів. Для системи МПЦ-С даний ефект досягається, головним чином, за рахунок реорганізації інтерфейсу взаємодії з об'єктами нижнього рівня. Запропонований спосіб та технічні заходи є прийнятними для будь-яких систем МПЦ, які використовують плати PCI-1680U-AE взаємодії середнього та нижнього рівнів. Подальші дослідження в цьому напрямку передбачають узагальнення отриманих результатів на будь-які системи керування відповідальними технологічними процесами.

Список використаних джерел

1. Каменев, О.Ю. Розрахунок показників безпечності мікропроцесорної централізації стрілок та сигналів з мінімальною деталізацією структури [Текст] / О.Ю. Каменев // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2011. – Вип.122. – С.165-175.
2. Кустов, В.Ф. Дослідження функційної безпечності системи МПЦ-Д [Текст] / В.Ф. Кустов, О.В. Давидчук // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2010. – Вип.118. – С.7-12.

3. Кустов, В.Ф. Дослідження функційної безпечності мікропроцесорної системи МПЦ-Ц [Текст] / В.Ф. Кустов, С.В. Осадчий // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2011. – Вип.126. – С.72-76.
4. Кустов, В.Ф. Микропроцессорная система управления стрелками и сигналами с комбинированным размещением оборудования [Текст] / В.Ф. Кустов, О.В. Нейчев, А.М. Шульга // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2010. – №4. – С.19.
5. Каменев, А.Ю. Особенности расчёта показателей функциональной безопасности систем микропроцессорной централизации МПЦ-Д, МПЦ-Ц и МПЦ-С [Текст] / А.Ю. Каменев // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2010. – №4. – С.61-62.
6. ООО «НПП САТЭП». Системы и устройства. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.satep.com.ua/> –Загл. с экрана. – (Дата обращения 01.03.2014)
7. Кустов, В.Ф. Основи теорії надійності та функціональної безпечності систем залізничної автоматики [Текст]: Навч. посібник для вузів / В.Ф. Кустов. – Х.: УкрДАЗТ, 2008. – 218 с.
8. Методика доказу функціональної безпеки мікроелектронних комплексів систем керування та регулювання рухом поїздів [Текст]. Затв. та введ. в дію наказом “Укрзалізниці” № 452-Ц від 17.08.2001 р. – К.: Вид. ПП «Алькор», 2002. – 106 с.
9. RTS-Ukraine. Продукты. Оборудование промышленных сетей передачи данных [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.rts.ua/> –Загл. с экрана. – (Дата обращения 01.03.2014).
10. ДСТУ 4178-2003. Комплекси технічних засобів систем керування та регулювання руху поїздів. Функційна безпечність і надійність. Вимоги та методи випробовування [Текст]. – К.: Держспоживстандарт України, 2003.–32 с.

Kamenyev A. INCREASE OF GOOD CONDITION INSPECTION PERIOD OF MPC-S SYSTEM MIDDLE LEVEL DEVICES. We developed a method and technical measures on the increase of middle level microprocessor switch and MPC-S signal interlocking safety functioning which allow increasing maximal periodical inspection time of elements good condition.

Key words: MPC-D, MPC-C, MPC-S, periodical inspection, functional safety, CAN-interface, dependency computer.

Каменев А.Ю. УВЕЛИЧЕНИЕ ПЕРИОДА КОНТРОЛЯ ИСПРАВНОСТИ УСТРОЙСТВ СРЕДНЕГО УРОВНЯ СИСТЕМЫ МПЦ-С.

Разработан способ и технические мероприятия по повышению безопасности функционирования среднего уровня микропроцессорной централизации стрелок и сигналов МПЦ-С, которые позволяют увеличить максимальное время периодического контроля исправности элементов.

Ключевые слова: МПЦ-Д, МПЦ-Ц, МПЦ-С, периодический контроль, функциональная безопасность, CAN-интерфейс, ЭВМ зависимостей.

Рецензент д.т.н., профессор Бойнік А.Б.

Поступила 27.05.2014г.