

ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІЙНОЇ БЕЗПЕЧНОСТІ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ ШЛЯХОМ РОЗРАХУНКУ ЙМОВІРНІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ

Представив д-р техн. наук, професор А.Б. Бойнік

Вступ. Останнє десятиріччя характеризує динамічний розвиток пристроїв залізничної автоматики і телемеханіки з використанням мікропроцесорних засобів.

Розширення функційних можливостей системи МПЦ підвищує рівень автоматизації роботи поїзних диспетчерів, інформаційну взаємодію з системами управління перевізних процесів більш високого рівня, а також реалізацію функцій віддаленого моніторингу та діагностики, забезпечуючи можливість створення автоматизованих діагностичних систем.

Діагностична інформація може використовуватися і оперативним персоналом (черговим по станції, поїзним диспетчером) для керування рухом поїздів, і обслуговуючим персоналом (електромеханіками, диспетчерами дистанції СЦБ) для виявлення передвідмовного стану. Вона сприяє переходу від планово-попереджувального способу обслуговування до обслуговування по стану і скорочує експлуатаційні витрати.

Постановка проблеми. Мікроелектронні комплекси систем керування та регулювання руху поїздів, порівняно з релейними комплексами пристроїв, мають у своєму складі значну кількість принципово нових мікроелектронних елементів. Ці елементи є функціонально менш безпечними, ніж електромагнітні реле 1 класу надійності, на базі яких побудована концепція забезпечення функціональної безпеки систем залізничної автоматики. Мікроелектронні елементи є елементами з симетричними відмовами,

при виникненні яких вони не тільки розмикають, але і замикають електричні кола, що може призводити до несанкціонованого увімкнення відповідальних виконавчих пристроїв, одержання недостовірної інформації та порушення функцій з забезпечення безпеки руху поїздів.

У мікроелектронних пристроях КТЗ інтенсивність збоїв і відмов через електромагнітні завади може в багато разів перевищувати інтенсивність їхніх відмов через зношування та старіння. Так, наприклад, інтенсивність відмов інтегральних мікросхем $\lambda = 10^{-7} - 10^{-9}$ 1/год [1], у той час як інтенсивність виникнення завад на об'єктах експлуатації КТЗ – від одиниць до тисяч імпульсів на годину. Використання елементів захисту від завад не завжди вирішує проблему забезпечення функціональної безпеки КТЗ, тому що відмови цих елементів у більшості випадків є неконтрольованими і можуть призводити не тільки до зниження безвідмовності КТЗ, але й до виникнення в них небезпечних відмов. Отже можна підкреслити основні етапи розвитку функціональної безпеки КТЗ:

- 1) розрахунок показників функціональної безпеки;
- 2) стендові випробування;
- 3) випробування з використанням моделей;
- 4) полігоні й експлуатаційні випробування;
- 5) експертні оцінки функціональної безпеки КТЗ.

Результати досліджень. Розрахунок функціональної безпеки виконують на ранніх стадіях розроблення КТЗ. Результати розрахунку є підставою для ухвалення рішення про доцільність подальшого розроблення й проведення наступних, більш складних, етапів доказу функціональної безпеки КТЗ. Розрахунок кількісних показників функціональної безпеки та їх оцінку подають у документі «Доказ функціональної безпеки».

До показників функціональної безпеки невідновлюваних КТЗ належать:

- імовірність небезпечної відмови $Q_n(t)$ (за період експлуатації t);
- імовірність небезпечної відмови за кожну годину експлуатації $Q_n(t)/t$;
- імовірність безпечної роботи $P_6(t)$;
- інтенсивність небезпечних відмов $\lambda_n(t)$;
- середній наробіток до небезпечної відмови T_n .

Показники середнього наробітку до небезпечної відмови T_n для використаних модулів:

1) 140CPS12400 модуль живлення – $T_n=0,1005671 \cdot 10^7$;

2) 140CHS11000 модуль гарячого резерву – $T_n=0,1591013 \cdot 10^7$;

3) 140CPU53414A модуль процесора – $T_n=0,969095 \cdot 10^6$;

4) 140CRP93200 модуль зв'язку RIO – $T_n=0,1744409 \cdot 10^7$;

5) 140NOE77111 модуль зв'язку Ethernet – $T_n=0,622886 \cdot 10^6$;

6) 140DDI35300 модуль вводу – $T_n=0,724443 \cdot 10^6$.

Інтенсивність небезпечних відмов λ_n визначається за формулою

$$\lambda_n = 1 / T_n \quad (1)$$

$$\lambda_{CPS} = 1 / 0,1005671 \cdot 10^7 = 9,94 \cdot 10^{-7}$$

$$\lambda_{RIO} = 1 / 0,1591013 \cdot 10^7 = 6,28 \cdot 10^{-7}$$

$$\lambda_{CPU} = 1 / 0,969095 \cdot 10^6 = 0,103 \cdot 10^{-7}$$

$$\lambda_{CHS} = 1 / 0,1744409 \cdot 10^7 = 5,73 \cdot 10^{-7}$$

$$\lambda_{NOE} = 1 / 0,622886 \cdot 10^6 = 0,16 \cdot 10^{-7}$$

$$\lambda_{DDI} = 1 / 0,724443 \cdot 10^6 = 0,13 \cdot 10^{-7}$$

На прикладі розглянемо розрахунково-логічну схему функціональної безпеки для вмикання стрілки (рис. 1).

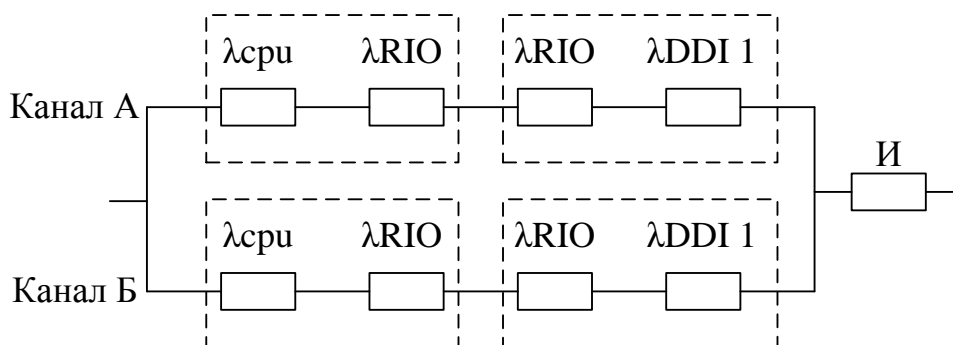


Рис. 1. Розрахунково-логічна схема функціональної безпеки для вмикання стрілки

Для розрахунку показників функціональної безпеки потрібно розрахувати інтенсивність небезпечних відмов всіх елементів схеми $\lambda_{\text{общ}}$. $\lambda_{\text{общ}}$ розраховується за формулою для одного

каналу, у формулі враховується K_e – коефіцієнт, який враховує умови експлуатації, для умов експлуатації на залізничному транспорті $K_e = 2,0$:

$$\lambda_{\text{общ}}(t) = \lambda_{\text{cpu}}(t) \cdot K_e + \lambda_{\text{RIO}}(t) \cdot K_e + \lambda_{\text{RIO}}(t) \cdot K_e + \lambda_{\text{DDI}}(t) \cdot K_e \quad (2)$$

$$\lambda_{общ}(t) = (0,103 \cdot 10^{-7})^2 + (6,28 \cdot 10^{-7})^2 + (6,28 \cdot 10^{-7})^2 + (0,13 \cdot 10^{-7})^2 = 25,586 \cdot 10^{-7}.$$

Приймаємо час роботи експлуатації:
 $t_1=43800$ год (5 років); $t_2=87600$ год (10 років);
 $t_3=131400$ год (15 років); $t_4=175200$ год (20 років);
 $t_5=219000$ год (25 років); $t_6=262800$ год (30 років).

Середній наробіток до небезпечної відмови T_{cp} розраховується за формулою

$$T_{cp} = 1/\lambda_{общ}(t). \quad (3)$$

$$T_{cp} = 1/25,586 \cdot 10^{-7} = 0,039 \cdot 10^7.$$

Імовірність безпечної роботи $P_б$ знаходиться за формулою (рис. 2)

$$P_{бAn}(t) = e^{-\lambda_{общ} \cdot t}. \quad (4)$$

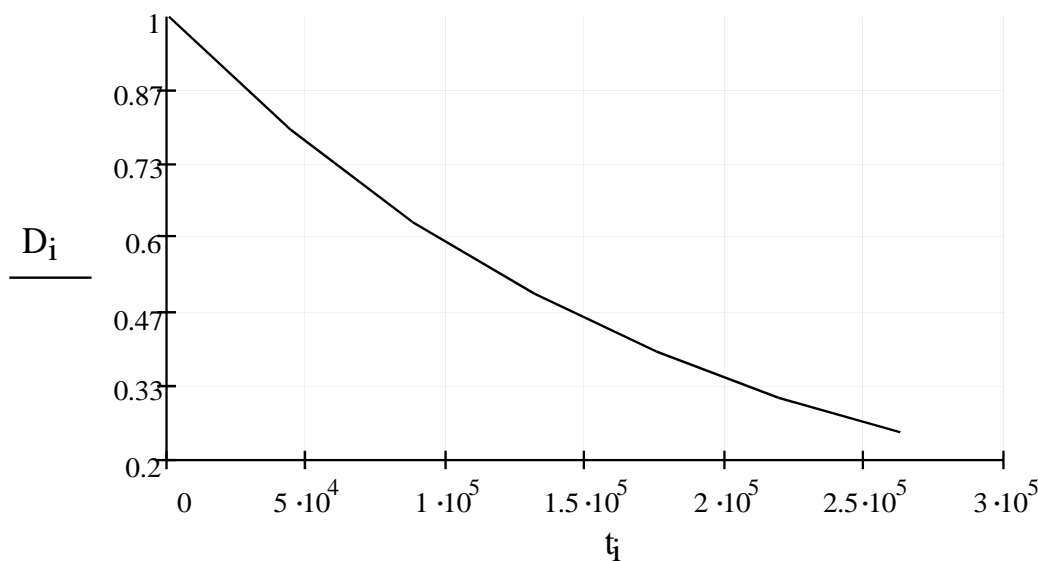


Рис. 2. Імовірність безпечної роботи для одного каналу

Для другого каналу показник $P_{бB}(t)$ буде таким самим.

Імовірність небезпечної відмови $Q_{нAn}(t)$ розраховується за формулою (рис. 3)

$$Q_{нAn}(t) = 1 - P_{бAn}(t). \quad (5)$$

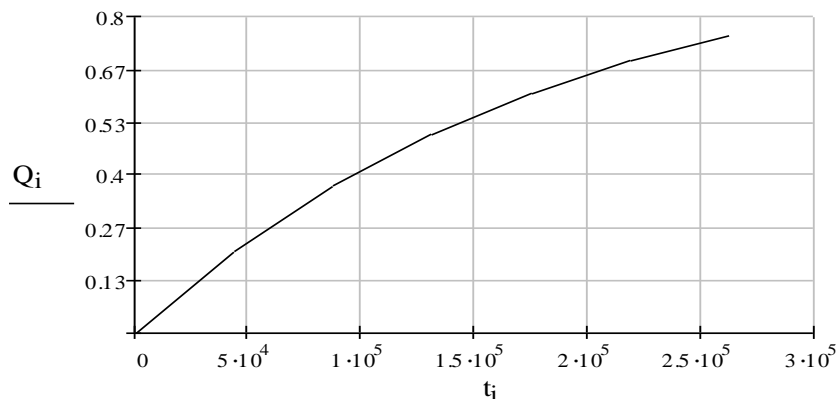


Рис. 3. Імовірність небезпечної відмови для одного каналу

Для другого каналу показник $Q_{нБ}(t)$ буде таким самим.

Оскільки використовуються два канали, які включені у схему паралельно (рис. 4), то формула буде мати такий вигляд:

$$Q_{общн}(t) = Q_{нАн}(t) \cdot Q_{нБн}(t). \quad (6)$$

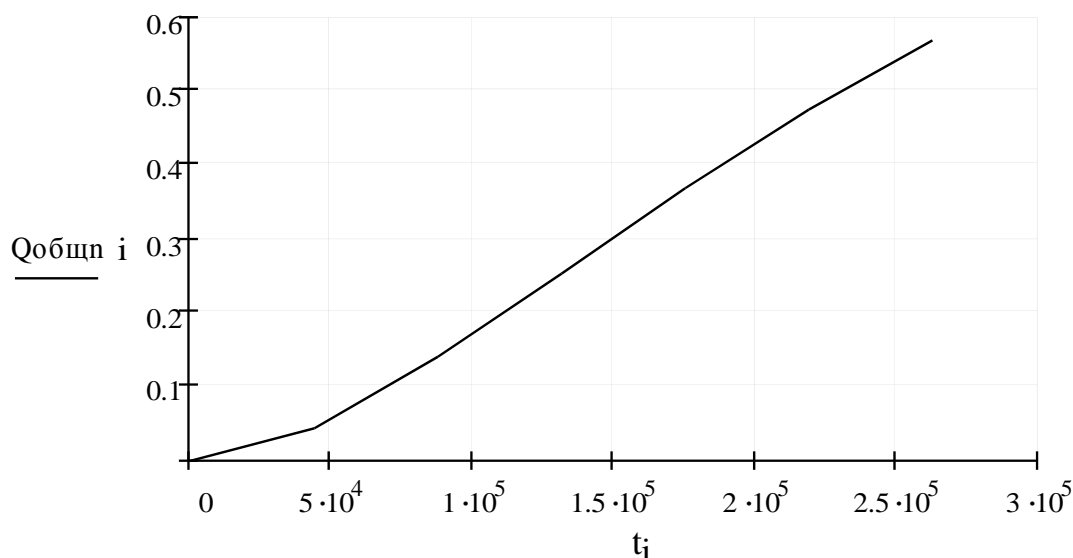


Рис. 4. Імовірність небезпечної відмови для обох каналів

Розрахунково-логічні схеми функціональної безпеки (РЛС ФБ) складають на підставі детального аналізу функціонування системи за принциповими схемами та конструкторською документацією у всіх режимах роботи (з урахуванням зовнішніх пристроїв) і можливості появи в ньому небезпечних відмов при раптових і поступових відмовах його елементів. Для складання переліку небезпечних відмов елементів системи використовують документи, що рекомендуються для застосування на залізницях, наприклад, враховують усі можливі відмови первинних елементів, такі як обриви, короткі замикання чи зміни їх параметрів. Розрахунково-логічна схема функціональної безпеки – це з'єднані між собою графічні зображення елементів, що входять до складу КТЗ і впливають на його безпеку. Такі зображення елементів позначаються в РЛС ФБ у вигляді прямокутників і з'єднуються в них

попередньо, паралельно, попередньо-паралельно чи іншим способом. Вид РЛС ФБ залежить від наслідків впливу відмов елементів на безпеку КТЗ у цілому. Якщо відмова елемента призводить до небезпечної відмови КТЗ, то зображення елемента в РЛС ФБ буде з'єднуватися з іншими зображеннями елементів попередньо; якщо небезпечна відмова КТЗ настає при відмовах його декількох елементів, то їх зображення в РЛС ФБ будуть з'єднуватися паралельно; якщо відмова елемента призводить до небезпечної відмови тільки одного каналу резервування, то його зображення в РЛС ФБ буде з'єднуватися з іншими зображеннями каналів резервування паралельно (при загальному навантажувальному резервуванні) або замикатися на вирішальний елемент (при мажоритарному резервуванні).

Висновок. Мікропроцесорні пристрої, приходячи на зміну електромеханічним та

електронним системам, сприяють підвищенню характеристик СЗАТ. Як правило, МПЦ мають значно менше число електронних компонентів і завдяки цьому мають більш високу надійність, менший розмір і вагу. Вони мають більш функціональні можливості, легше

вписуються до структури сучасних технологічних систем, можуть мати вмонтовану автодіагностику та віддалений моніторинг. Тому зручно використовувати системи МПЦ та проектувати їх надалі на СЗАТ.

Список літератури

1. Кустов, В.Ф. Основи теорії надійності та функційної безпечності систем залізничної автоматики [Текст]: навч. посібник / В.Ф. Кустов. – Харків, 2008. – 218 с.

Ключові слова: МПЦ, імовірність небезпечної відмови, імовірність безпечної роботи.

Анотації

У даній науковій статті визначається функційна безпечність системи МПЦ при їх розробленні, а також показано, що використані заходи при проектуванні МПЦ дозволяють підвищити функційну безпечність нових систем і готові для використання на залізничному транспорті.

Данная научная статья определяет функциональную безопасность систем МПЦ при их разработке, а также показывает, что используемые способы при проектировании МПЦ позволяют повысить функциональную безопасность новых систем и готовы для использования на железнодорожном транспорте.

Given scientific article defines functional safety of the systems MPC under their development , as well as shows that used ways when designing MPC allow to raise functional safety of the new systems and ready for use on rail-freight traffics.