

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
„ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ”



III Всеукраїнська науково-технічна
конференція молодих учених, аспірантів та студентів
„Автоматизація, контроль та управління: пошук ідей та
рішень” (АКУ-2017)

23-24 травня 2017 р.

Збірник наукових праць

м. Покровськ

Щебликіна О.В., аспірант (elenka_12_90@ukr.net)Каменєв О.Ю., к.т.н., доц. (alexstein@meta.ua)

Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків, Україна

ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПІДХОДІВ ДО РОЗРАХУНКУ ФУНКЦІЙНОЇ БЕЗПЕЧНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Технічне переоснащення залізничного транспорту як однієї з ключових галузей економіки України неможливе без комплексної модернізації інформаційно-керуючих систем (ІКС), пов'язаних з керуванням та регулюванням руху поїздів [1].

Впровадження сучасних мікропроцесорних технічних засобів, що безпосередньо впливають на безпеку руху, стримується необхідністю визначення, підтвердження та забезпечення достатніх показників функційної безпеки, які регламентовані рядом національних та міжнародних стандартів. Одним з основних методів доказу безпеки таких систем є розрахунковий метод, що базується на використанні математичних моделей, сформованих із використанням апарату теорій ймовірності та математичної статистики, надійності, графів та диференціальних рівнянь [2].

Проте відомі підходи до розрахунку функційної безпеки ІКС залізничного транспорту базуються на відокремленні безпеки від безвідмовності, недостатньому врахуванні людського чинника, взаємного впливу внутрішніх елементів окремих пристроїв, достовірності технічного діагностування та контролю тощо. Таким чином, відома методологія чисельної оцінки показників функційної безпеки ІКС потребує вдосконалення у напрямку доопрацювання відповідних математичних моделей, що мають враховувати додаткові експлуатаційно-технічні фактори [3 – 5].

Перший напрямок вдосконалення підходів до розрахунку безпеки полягає у формуванні математичної моделі впливу безвідмовності на функційну безпеку. У її основу закладається логічний зв'язок між цими двома категоріями через вплив людського чинника. В той час, як класичний підхід до оцінки функційної безпеки передбачає зворотній її зв'язок із безвідмовністю, нова модель із урахуванням мінімізації людського чинника технічними засобами формує пряму залежність безвідмовності та безпеки, що забезпечується відповідним позитивним зворотнім зв'язком між ними:

$$Q_{zm}(t) \uparrow \rightarrow F_{min}[Q_{nl}(t)] \uparrow \rightarrow Q_{ne}(t) \uparrow, \quad (1)$$

$\begin{array}{c} \uparrow \quad \downarrow \\ f_{zv}(x_1, x_2, \dots, x_n) \end{array}$

де $Q_{zm}(t)$ – ймовірність захисної відмови технічних засобів ІКС;

F_{min} – функція мінімізації впливу людського чинника технічними засобами ІКС;

$Q_{nl}(t)$ – ймовірність небезпечної відмови (помилки) людини-оператора ІКС;

$Q_{ne}(t)$ – ймовірність небезпечної відмови ергатичної (людино-машинної) ІКС;

f_{zv} – функція зворотного зв'язку між функційною безпекою та безвідмовністю;

$x_1, x_2, \dots, x_n$ – сукупність факторів, що формують взаємозв'язок між функційною безпекою та безвідмовністю ІКС.

Пояснюється залежність (1) тим, що в ергатичних ІКС на залізничному транспорті, що безпосередньо здійснюють керування та регулювання руху поїздів, технічні засоби мінімізують людський фактор практично до нульового рівня. Небезпечна помилка людини-

оператора не призводить до формування небезпечної команди на виконавчі пристрої, оскільки засоби логічних залежностей ІКС, реалізовані, як правило, у багатоканальному варіанті, виключають проходження команд оператора, якщо за поточним технологічним станом об'єкта керування порушуються умови безпеки руху поїздів. Проте при зниженні рівня безвідмовності технічних засобів ІКС зростає ймовірність переходу системи у допоміжний режим функціонування. В результаті людський фактор стає не мінімізованим або недостатньо мінімізованим, і це призводить до підвищення ймовірності небезпечної відмови ІКС у цілому.

Таким чином, задача дослідження полягає у визначенні функції $f_{36}(x_1, x_2, \dots, x_n)$ та всіх складових її факторів, включаючи обмеження. Така задача стає задачею оптимізації, для якої встановлюються характер та умови взаємозв'язку безпечності та безвідмовності, включаючи їх критичні значення. Враховуючи, що для ІКС на залізничному транспорті характерним є спонтанний перехід із штатного в позаштатний режим функціонування, вирішення поставленої задачі оптимізації доцільно виконувати із використанням апарату теорії катастроф.

Другий напрямок дослідження полягає у диференційованому підході до оцінки індивідуальних показників функційної безпечності окремих елементів ІКС залежно від схемотехніки її побудови. Існуючий підхід передбачає, що інтенсивності небезпечних відмов елементної бази не залежить від принципової схеми пристрою, отже – використовуються виключно довідкові дані по окремим елементам для встановлення відповідних параметрів. Але на практиці схемотехнічна побудова пристрою формує достатньо сильний зворотній зв'язок щодо надійності окремих елементів, який необхідно враховувати у вдосконалених моделях функційної безпечності ІКС. На прикладі послідовного з'єднання елементів у розрахунково-логічній схемі функційної безпечності (РЛСФБ) ІКС при експоненціальному законі розподілу небезпечних відмов така залежність умовно формалізується таким чином:

$$\lambda_{ne}(t) \neq \sum_{i=1}^m \lambda_{ii}(t), \lambda_{ne}(t) = \Phi \left[\psi_{\text{ндо}}; \bigcup_{i=1}^m \lambda_{ii}(t) \right], \quad (2)$$

де $\lambda_{ii}(t)$ – інтенсивності небезпечних відмов окремих елементів технічного пристрою ІКС, які впливають на функційну безпечність;

$\psi_{\text{сmp}}$ – функція, що визначає структуру (схемотехніку) технічного пристрою ІКС;

Φ – функція, що враховує структуру технічного пристрою ІКС та інтенсивності відмов його елементів (які впливають на функційну безпечність);

m – кількість елементів у технічному пристрої ІКС, що впливають на функційну безпечність.

Таким чином, при новому підході послідовне з'єднання елементів у РЛСФБ не є прийнятним, а воно потребує врахування формалізації (2). Аналогічним чином може бути формалізовано визначення інтенсивності небезпечних відмов при паралельному і змішаному з'єднанні елементів. Задача дослідження при цьому зводиться до визначення функцій Φ та $\psi_{\text{сmp}}$. Для цього доцільно сформулювати перелік типових схемотехнічних з'єднань відповідних ІКС та виконати їх математичну інтерпретацію на базі методів теорії графів та структурної індукції.

Третій напрямок дослідження полягає у врахуванні якості (достовірності) технічної діагностики пристроїв багатоканальних ІКС. Особливість таких ІКС полягає у резервуванні складових каналів за принципом забезпечення безпеки – у режимі дублювання або мажоритування (як правило – за принципом "2 з 3-х" для більшості систем). Виникнення захисних відмов у окремих каналах призводить до переходу виконавчих пристроїв у захисний стан (перекриття світлофорів, блокування переводу стрілок тощо). У той же час формування небезпечної відмови в окремих каналах не призводить до миттєвого прояву в

стані виконавчих пристроїв. У результаті – виявлення небезпечного передвідмовного стану ІКС можливе лише шляхом технічного діагностування, яке, однак не враховується при "класичному" підході до оцінки безпечності. Таким чином, вдосконалення відповідної моделі вимагає врахування достовірності (надійності) технічного діагностування в РЛСФБ системи, що формалізується так:

$$\lambda_{ne}(t) = \Theta \left[P_{\partial}(t), \bigcup_{i=1}^m \lambda_{ii}(t) \right], \quad (3)$$

де $P_{\partial}(t)$ – достовірність технічної діагностики (ймовірність виявлення передвідмовного стану в окремому інформаційно-керуючому каналі);

Θ – функція, що враховує достовірність технічного діагностування в моделі функційної безпечності ІКС.

У таких умовах ймовірність своєчасного виявлення виникнення відмови в каналі ІКС має враховуватися в РЛСФБ в якості елемента, певним чином поєднаного з інтерпретаторами технічних елементів пристрою. Порядок з'єднання інтерпретаторів самих технічних елементів також може бути змінено. У результаті функція Θ , що визначає відповідний комбінований порядок, також має бути встановлена за результатами даного етапу дослідження.

Четвертим напрямком вдосконалення підходу до розрахунку показників безпечності є поєднання моделей (1) – (3) таким чином, щоб результуюча розрахункова модель враховувала одночасний міжфункціональний зв'язок Ω серед функційної безпечності, безвідмовності, впливу людського чинника, взаємодії елементів пристрою та достовірності його технічного діагностування:

$$\lambda_{ne}(t) = \Omega(f_{зв}, \Phi, \Theta). \quad (4)$$

За визначеною суперпозицією функцій Ω , що має стати результуючою моделлю розрахунку функційної безпечності ІКС, мають враховуватися додаткові фактори, що на практиці супроводжують процес функціонування системи на залізничному транспорті.

Окремим етапом розпочатого дослідження стає підвищення рівня функційної безпечності ІКС за рахунок вдосконалення підходів до її визначення. Враховуючи, що вдосконалий підхід має на меті підвищити точність розрахунків показників безпечності, вирішальною цільовою функцією Y стає мінімізація параметру $Q_{ne}(t)$ з урахуванням суперпозиції (4):

$$Y = \min[Q_{ne}(t, \Omega, \underline{Z})], \quad (5)$$

де $\underline{Z} = (z_1, z_2, \dots, z_k)$ – множина (вектор) додаткових параметрів оптимізації, що впливають на величину Q_{ne} та підлягають встановленню в ході дослідження із використанням теорії планування експерименту.

Таким чином, моделі (1) – (5), які підлягають розробленню, мають сформулювати більш точний підхід до розрахункового визначення показників функційної безпечності ІКС на залізничному транспорті. Подальшим розвитком такого підходу стає підвищення рівня функційної безпечності ІКС і, як наслідок – підвищення рівня безпеки руху поїздів на залізничному транспорті.

Перелік посилань:

1. Державна цільова програма реформування залізничного транспорту на 2010 – 2019 роки

[Текст] / Постанова Кабінету Міністрів України від 16.12.2009 р. № 1390. – К., 2009.

2. Кустов, В.Ф. Підвищення безпеки руху поїздів за рахунок використання мікропроцесорних систем залізничної автоматики [Текст] / В.Ф. Кустов // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті: Матеріали доповідей 29-ї МНПК «Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті», м. Чорноморськ, 27 – 29 вересня 2016 р. – 2016. – №4 (Додаток). – С.28-29.

3. Watanabe, Y. Online Failure Prediction in Cloud Datacenters [Text] / Y. Watanabe, Y. Matsumoto // Fujitsu scientific & technical journal. – 2014. – Vol. 50, No. 1. – P. 67-71.

4. Бочков, К.А. Методы обеспечения безопасности в микропроцессорных системах железнодорожной автоматики и телемеханики [Текст]: учебное пособие для студентов транспортных специальностей высших учебных заведений / К.А. Бочков, С.Н. Харлап. – Гомель: БелГУТ, 2001. – 84 с.

5. Karevs, V. Railway automation and telematics system's monitoring and diagnostic [Text]/ V. Karevs. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. – 192 p.

Пономаренко О.Є., Колларов О.Ю., Ганжа А.М. ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ККД ВІД ПРОДУКТИВНОСТІ, ЧАСТКИ ПАЛИВ І ВМІСТУ КИСНЮ В ДУТТЬОВОМУ ПОВІТРІ МЕТОДОМ ОРТОГОНАЛЬНОГО ЦЕНТРАЛЬНОГО КОМПОЗИЦІЙНОГО ПЛАНУВАННЯ.....	96
Ратундалов Є.О. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОШУКУ ЗАМИКАНЬ НА ЗЕМЛЮ В МЕРЕЖІ З ІЗОЛЬОВАНОЮ НЕЙТРАЛЛЮ	99
Ратундалов Є.О. АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВЕЛИЧИНИ РЕЗИСТОРА ДЛЯ ЗАЗЕМЛЕННЯ НЕЙТРАЛІ В МЕРЕЖАХ 6-35 КВ.....	101
Мамедов Р.Р. АДАПТИВНА СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ПРИВОДОМ ПОДАЧІ З ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ГАЛЬМОМ КОВЗАННЯ.....	105
Шкабура С.В., Нечай Г.П., Остренко Д.О. МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ З ІЗОЛЬОВАНОЮ НЕЙТРАЛЛЮ ПІД ЧАС ОДНОФАЗНИХ ЗАМИКАНЬ НА ЗЕМЛЮ.....	110
Арнаутов С.О. АНАЛІЗ ЗАТРИМКИ ПЕРЕДАЧІ ПАКЕТІВ МОВИ ПО МЕРЕЖІ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ З ПАКЕТНОЮ КОМУТАЦІЄЮ.....	113
Щебликіна О.В., Каменєв О.Ю. ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПІДХОДІВ ДО РОЗРАХУНКУ ФУНКЦІЙНОЇ БЕЗПЕЧНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ.....	116
Селиванов А.И. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДИНАМИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ, ОСНОВАНОВОГО НА КУБИЧЕСКОЙ ТЕКСТУРЕ ИГРОВОГО ДВИЖКА UNITY ENGINE.....	120
Сипко М.С., Соболев Є.А., Зінов'єв С. М. ВПЛИВ ВИТОКІВ НА РОБОЧУ ХАРАКТЕРИСТИКУ ГІДРОСТІЙКИ.....	122
Михайлюта І. О., Лактіонов І.С. МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА ВІДДАЛЕНОГО КОНТРОЛЮ КОНЦЕНТРАЦІЇ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ В УМОВАХ ПРОМИСЛОВИХ ТЕПЛИЦЬ.....	124
Нерознак Я. І., Лапко А. О. ВИКОРИСТАННЯ ОФІСНИХ ДОДАТКІВ ПРИ ОБСЛУГОВУВАННІ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ.....	127
Поварчук Д.Д. ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРІОДИЧНОСТІ ОПИТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ТРИФАЗНИМ СЕПАРАТОРОМ ЯК АГЗУ В УМОВАХ ЛУКВИНСЬКОГО НАФТОГАЗОВОГО РОДОВИЩА.....	129
Остренко Д.О., Нечай Г.П., Шкабура С.В., Колларов О.Ю. РОБОТА ЕЛЕКТРОПРИВОДА З ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯМ ВІД ПОНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ.....	132
Гвоздьов А.В., Лебединський М.О. СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ СТАНУ ТА СВОЄЧАСНОГО НАДАННЯ ДОПОМОГИ ПАЦІЕНТУ.....	136
Митин В. И., Любименко Е. Н., Штепа А.А. ВЛИЯНИЕ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ПОДОГРЕВА ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ НА ИЗМЕНЕНИЯ РАСХОДА ПАРА В ТУРБИНЕ К 50-90.....	138
Кузьменко І.А., Гайдук К.М. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ СХЕМИ ЗАМІЩЕННЯ ЛІНІЙ ЗВ'ЯЗКУ ДЛЯ РОЗРОБКИ ЛАБОРАТОРНО-	