

железных дорог [Текст] // Буряк С.Ю. // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. – вип.1(43). – С.22-29.

2. Буйносов А.П. Автоматическая измерительная система для контроля геометрических параметров колесных пар железнодорожного подвижного состава [Текст] // Буйносов А.П., Стаценко К.А., Кислицын А.М. // Технические науки. Машиностроение и машиноведение. Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. - №2(22). 2012. – С.146-155.

3. Патент №2293982. Способ ультразвуковой дефектоскопии колесных пар рельсового транспорта и устройство для его реализации [Текст] // Дубина А.В.

межах наявної резервної потужності. Запити на міжнародний шлях подаються на веб-платформу RNE. Після надання права доступу, наприклад франшиза або відкритий доступ, NetworkRail переводить ці права в конструкцію розкладу. Якщо виникають суперечливі запити на шляху прямування, то застосовуються певні критерії прийняття рішення на основі правил мережевого коду. Якщо конфлікт не вирішено, то починається процес вирішення суперечок. Після того як всі суперечки будуть врегульовані та встановлено остаточний робочий графік, NetworkRail оголошує інфраструктуру переважаного, і вживаються заходи щодо покращення інфраструктурних можливостей на переважаних районах.

Таким чином, в дослідженні критеріїв доступу у Британії доводять свою ефективність використання і на залізничній інфраструктурі України, і потребують їх дослідження на базі математичного моделювання.

*Прохорченко А. В., професор,  
Суницька В. О., Декарчук О. М. (УкрДУЗТ)*

УДК 656.222

### ДОСЛІДЖЕННЯ КРИТЕРІЇВ ПРІОРИТЕТНОСТІ ДОСТУПУ ДО ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ

На даний час залізнична галузь України стоїть на порозі структурного реформування, що передбачає перехід від вертикально-інтегрованої до частково вертикального поділу. Це передбачає утворення апарату інфраструктури, який на дискримінаційних умовах надає доступ до залізничної колії компаніям-перевізникам різних форм власності. За таких умов вирішення завдання дослідження пріоритетності доступу різних перевізників набуває великого значення, що впливає на витрати для здійснення перевізного процесу.

Для вирішення поставленого завдання в роботі запропоновано провести дослідження умов доступу на залізничних лініях Великої Британії, реформування на яких розпочалося у 1947 році. На даний час знаходиться в стадії розвитку збільшення обсягів перевезення.

Відкритий доступ у Британії позитивно впливає на розвиток вантажних перевезень на залізничному транспорті. Досвід застосування критеріїв пріоритетності операторами є цікавим і потребує дослідження з можливістю застосування для залізничного транспорту України.

Процес розподілу пропускної спроможності описується в мережевій заяві, опублікований у NetworkRail, та описує умови колійного розвитку, станції і депо для доступу до всіх залізничних підприємств, що претендують на розподіл потужності. Під час періоду робочого розкладу запити на спеціальні шляхи також можуть бути розміщені в

#### Список використаних джерел

1. National Rail Enquires URL: <https://www.nationalrail.co.uk/default.aspx> (дата звернення: 27.09.2019).
2. Ю.З. Саакян, О.Г. Трудов, В.Б. Савчук, Е.А. Алексеев, И.В. Куротченко. Москва: ИПЕМ, 2008. 276 с.

*Семененко О. І., к.т.н., доцент,  
Одсгов М. М., ст.викладач,  
Семененко Ю. О., к.т.н., доцент,  
Супрун О. Д., к.т.н., доцент (УкрДУЗТ)*

УДК 621.314

### РЕАЛІЗАЦІЯ М'ЯКОЇ КОМУТАЦІЇ В СИЛОВИХ КЛЮЧАХ ТЯГОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ

**Вступ.** Як відомо, підвищення робочої частоти дозволяє покращити масогабаритні, енергетичні та динамічні характеристики тягових статичних перетворювачів електрорухомого складу (ЕРС). При цьому відбувається зростання динамічних втрат в напівпровідникових приладах силових ключів при виконанні ними примусової комутації – зміні провідності приладу під напругою. Зменшення динамічних (комутаційних) втрат можливе застосуванням швидкодіючих силових приладів, а також використання спеціальних схемотехнічних рішень, наприклад, встановленням ланок комутаційного захисту (снаберів).

З появою швидкодіючих ключів, побудованих на базі IGBT, відбулося значне зростання рівня показників тягових перетворювачів ЕРС за рахунок суттєвого підняття робочої частоти. Крім того, IGBT

можуть застосовуватись у «безнаберному» режимі, коли самі силові керовані прилади виконують функцію снабера, обмежуючи швидкість зростання напруги  $du/dt$  і струму  $di/dt$  та їх амплітуди. Цим спрощується силова схема перетворювача, але динамічні втрати зростають, знижуючи ККД і навантажувальні можливості силових IGBT, вимагаючи суттєвого збільшення розмірів їх охолоджувачів. Без обмеження  $du/dt$  та  $di/dt$  круті фронти вихідної напруги перетворювача визивають прискорене старіння ізоляції тягових двигунів і значне шкідливе електромагнітне випромінювання [1], тому необхідно також вирішувати й цю задачу.

**Основна частина дослідження.** Щоб полегшити умови роботи силових напівпровідникових приладів зменшенням динамічних втрат і спростити будову ключів, пропонується застосовувати у комутаторах тягових перетворювачів ЕРС режим одноопераційної комутації. У цьому режимі силові ключі комутатора на періоді процесу перетворення електричної енергії виконують тільки одну примусову комутацію (увімкнення або вимкнення), а друга комутація є природною (м'якою), коли зміна провідності приладів

відбувається без напруги.

В режимі одноопераційної комутації для зниження динамічних навантажень силових приладів можна застосовувати бездисипативні снабери (без елементів розсіювання енергії). За рахунок цього силові прилади фактично будуть виконувати на періоді процесу перетворення електричної енергії лише природні (м'які) комутації і не втрачатиметься енергія, накопичена в реактивних елементах снаберів, значно знизяться динамічні втрати, що дозволить суттєво підняти робочу частоту і більш повно використовувати навантажувальні можливості силових приладів [2]. Підняття робочої частоти особливо важливо для застосування саме на ЕРС, адже суттєво знижуються маса і габаритні розміри тягових перетворювачів, бо не потрібні важкі вхідні та вихідні силові фільтри.

Для реалізації режиму одноопераційної комутації в силових приладах ключів тягових перетворювачів пропонується застосувати вузли двоступеневої одноопераційної комутації (ВДК) [1, 3]. Розглянемо роботу в режимі одноопераційної комутації схеми трифазного тягового інвертора напруги (рис. 1).

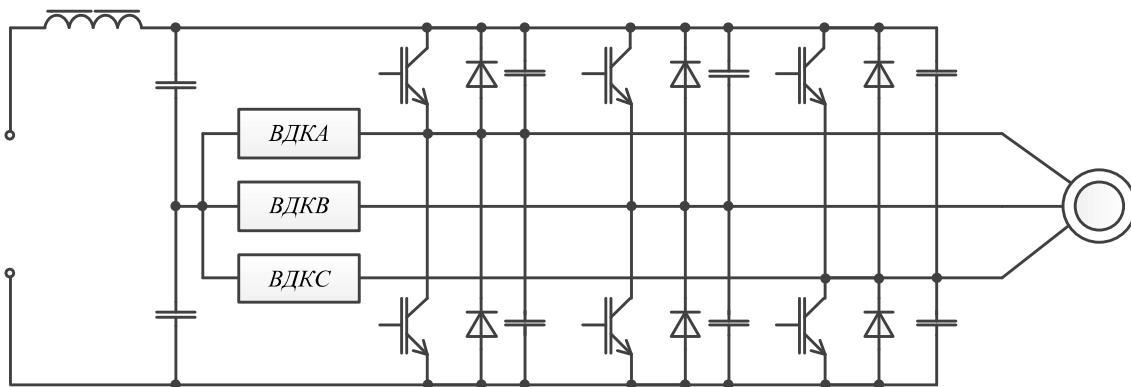


Рис. 1. Трифазний тяговий інвертор напруги з ВДК

До кожного транзистора паралельно приєднані зворотний діод та конденсатор, який є бездисипативним ємнісним снабером. Він захищає транзистор при вимиканні від навантаження, тому комутація відбувається м'яко без напруги. У кожному із трьох фазних напівмостів встановлені ВДК, які призначені для підготовки до м'якого увімкнення (комутації без напруги) чергового силового ключа напівмоста. До часу підготовки до комутації силового ключа напівмоста входить і час вимкнення допоміжного ключа [1]. В результаті дослідження встановлено, що для зменшення часу роботи ВДК по підготовці до м'якого увімкнення силового ключа необхідно замінити допоміжний тиристорний ключ швидкодіючим чотириквADRантним ключем на IGBT (рис. 2). Цим буде забезпечено зняття обмеження по діапазону регулювання при ШІМ тривалості імпульсів вихідної напруги інвертора.

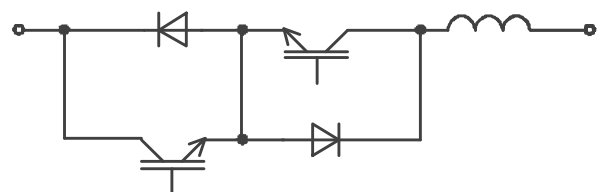


Рис. 2. Вузол двоступеневої одноопераційної комутації на IGBT

**Висновки.** За рахунок реалізації режиму одноопераційної комутації застосуванням ВДК на базі швидкодіючих IGBT у ключах тягових перетворювачів ЕРС можна суттєво покращити їх масогабаритні та енергетичні показники, підвищити їх ККД та надійність роботи.

**Список використаних джерел**

1. Нікулін В.С., Хворост М.В., Гончаров Ю.П., Семенов О.І. Оптимізація параметрів вузлів двоступеневої комутації тягових автономних перетворювачів рухомого складу// Зб. наукових праць/ УкрДАЗТ, 2004. – Вип. 64, – С. 153-158.
2. Семенов А.И. Улучшение характеристик бортовых систем питания электро-подвижного состава. Дис...канд. техн. наук: 05.22.09. – Харьков, 2003. –179 с.
3. Гончаров Ю.П., Панасенко М.В. Семенов О.І., Хворост М.В. Статичні перетворювачі тягового рухомого складу/ За ред. Гончарова Ю.П., Харків, НТУ „ХПІ”, 2007. – 192 с.

*Євгенєв А. М., асистент,  
Домнін Д. В., студент (ХНУРЕ)*

### **УДОСКОНАЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ КЕРУЮЧОЇ СИСТЕМИ ЗАЛІЗНИЦІ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЦП**

Інформаційні технології повинні стати основою для побудови цілісної системи управління залізничної галузі. Першим вагомим кроком у цьому напрямку стане повна автоматизація процесу перевезень з використанням системи електронного документообігу.

Система електронного документообігу (СЕДО) – автоматизована система, що супроводжує процес управління організацією. При цьому передбачається, що управління спирається на документи, що містять інструкції для співробітників організації. Наразі вона забезпечує часткову автоматизацію вантажоперевезень Укрзалізниці. Наскрізний автоматичний контроль виконання на всіх етапах роботи з документами кардинально підвищує якість роботи виконавців, робить терміни підготовки документів більш прогнозованими і керованими.

Одним з основних питань в системах електронного документообігу є забезпечення захисту інформації, а саме забезпечення її цілісності та автентичності.

Законом передбачено використання особистого електронного підпису при запровадженні СЕДО. Це дозволяє забезпечити цілісність документів, що передаються через систему.

Існує велика кількість надійних ЕЦП. Проведений аналіз показав, що рівень безпеки, який досягається завдяки використанню українського стандарту електронно-цифрового підпису ДСТУ 4145-2002 буде достатнім для систем керування залізницею [1].

У випадку повної автоматизації системи безпеки, електронно-цифровий підпис грає вирішальну роль для запобігання порушення цілісності інформації та збереження персональних даних.

**Список використаних джерел**

1. ДСТУ 4145-2002 Криптографічний захист інформації. Цифровий підпис, що ґрунтується на еліптичних кривих. Формування та перевіряння

*Каргін А. О., д.т.н., професор,  
Іванюк О. І., аспірант (УкрДУЗТ)*

### **ПОЛІГОН ДЛЯ НАТУРНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ З МОДЕЛЯМИ КОГНІТИВНОЇ РОБОТОТЕХНІКИ**

Однією із основних задач проблеми навігації – ключового напрямку робототехніки – є задача управління переміщенням (motion control). Ця задача полягає в забезпеченні просування робота по відомому маршруту в динамічному просторі в умовах перешкод. Для розумної автономної машини (РАМ) вирішення цієї задачі вимагає аналізу інформації про оточення, в якому задано маршрут на основі інтелектуальних моделей обробки даних від сенсорів.

В роботі [1] запропоновано модель ситуаційного управління переміщенням РАМ на основі нечіткого сприйняття ознак, що характеризують ключові точки маршрутів руху (*landmarks*). Знання РАМ про маршрут руху та про робочий простір робота представлено у вигляді баз нечітких продукційних правил. Для проведення натурних експериментів з такою моделлю постає задача створення оточення, яке забезпечує задання різних маршрутів руху для РАМ на основі ключових точок, що характеризуються нечіткими ознаками.

В даній роботі розглядається організація штучного оточення в рамках навчально-наукового полігону апробації рішень в галузі інтернету речей та розумних машин (IoT&SM) [2]. Ключові точки пропонується створювати на основі міток радіочастотної ідентифікації (RFID-мітка). Такі мітки мають внутрішню пам'ять та підтримують операції запису та зчитування інформації за допомогою відповідних модулів.

Для побудови полігону обрано мітки серії Mifare 1k S50 (1 кБ внутрішньої пам'яті, робоча частота 13,56 МГц) та модулі запису/зчитування MFRC-522. В кожному RFID-мітку записується інформація, що імітує характеристики відповідної ключової точки маршруту.

Полігон, що моделює оточення містить,  $n$  міток;  $i$ -та мітка ( $1 \leq i \leq n$ ) описується множиною-прототипом  $P_i = \{p_j\} \subseteq P$ ,  $|P_i| = n_i$ , де  $P$  – множина усіх ознак, що моделюються в рамках полігону. Ознака  $p_j$  представлена вектором з  $m_j$  числових компонент.

Сприйняття інформації про ознаки міток в РАМ моделюється за допомогою  $N = |P|$  логічних (віртуальних) сенсорів, де  $N$  – кількість ознак, що