

**ТЕЗИ СТЕНДОВИХ ДОПОВІДЕЙ ТА ВИСТУПІВ
УЧАСНИКІВ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**HIGHLIGHTS OF REPORTS AND PRESENTATIONS OF
PARTICIPANTS TO THE CONFERENCE**

операцій і формують «вузькі місця» транспортних потоків. Традиційне проектування орієнтується переважно на геометричні схеми та нормативи. Проектні рішення рідко враховують дефіцит матеріалів і ресурсів, потребу у швидкому відновленні пошкоджених об'єктів, енергоефективність та економічність у довгостроковій перспективі. Брак інструментів сценарного аналізу не дозволяє оцінювати працездатність горловин у різних умовах – від штатної експлуатації до аварійних ситуацій чи пошкоджень. У сучасних умовах України це призводить до затримок відновлення інфраструктури.

Світова практика демонструє, що інноваційні рішення вже активно застосовуються для управління інфраструктурою. Зокрема, у Німеччині реалізується проєкт створення цифрового двійника всієї залізничної мережі протяжністю понад 33 тисячі кілометрів [1]. Цифрові двійники застосовано у масштабному проєкті Transpennine Route Upgrade, що дало змогу інтегрувати сотні моделей та заощадити мільйони фунтів [2]. Італійська компанія Ferrovie dello Stato створила цифровий двійник інфраструктури довжиною понад 10 тисяч кілометрів, який дозволяє відстежувати стан мостів, тунелів і станційних споруд [3]. У США компанія Norfolk Southern використовує цифрові двійники для прогнозу аналітики, що знижує витрати на обслуговування та підвищує безпеку [4]. Ці приклади переконливо свідчать про ефективність інструмента. Водночас більшість реалізованих рішень зосереджена переважно на завданнях моніторингу, технічного обслуговування та управління життєвим циклом існуючих об'єктів. Його потенціал як проєктувального інструмента, орієнтованого на пошук оптимальних конфігурацій ще на етапі проєктування, залишається майже недослідженим.

Таким чином, застосування математичних моделей у проєктуванні горловин залізничних станцій є актуальним. Це дає змогу одночасно враховувати геометричні, експлуатаційні, ресурсні, фінансові та екологічні фактори.

Математична модель розглядається як інтегрована платформа, що включає тривимірне моделювання, імітаційний аналіз руху поїздів, оптимізацію витрат і ресурсів та сценарний аналіз для різних умов – від штатних до аварійних. У подальшому можлива її інтеграція з геоінформаційними системами і системами управління рухом, формування бази даних технічних характеристик, оцінка зносу та планування відновлення. Це забезпечує можливість динамічного проєктування та адаптації рішень у реальному часі.

Таким чином, модель забезпечує перехід від статичного моделювання до динамічного проєктування й аналізу альтернатив, включно з аварійними та воєнними умовами. Її практичне значення полягає у можливості скорочення часу проєктування, зменшення витрат, підвищення точності рішень і зниження ризику помилок завдяки можливості перевірки десятків альтернативних конфігурацій без реального будівництва, раціональне використання ресурсів у умовах їх дефіциту, що сприяє економічності відбудови і формуванню стійкої транспортної інфраструктури, адаптованої до сучасних викликів. Це буде сприяти інтеграції української інфраструктури у європейські транспортні коридори та світову мережу, зниженню вуглецевого сліду завдяки можливості враховувати енергоспоживання та оптимізувати експлуатаційні витрати, дозволить формування навчальних тренажерів для інженерів і диспетчерів та підвищить рівень підготовки кадрів завдяки відпрацюванню складних сценаріїв у віртуальному середовищі без ризику для реальної інфраструктури.

Математичні моделі перетворюють горловину станції з об'єкта статичного моделювання на активну платформу оптимізації, що враховує багатофакторність завдань. Для України це засіб швидкої та економічної відбудови, для світу – крок до розвитку стійких, інтелектуальних і енергоефективних транспортних систем.

1 У Німеччині з'явиться "цифровий 3D двійник". URL: <https://systemnet.com.ua/novini/u-nimechchini-zyavitsya-cifrovij-3d-dvijnik/>

2 On track to better. URL: <https://thetrupgrade.co.uk/>

3 Що таке цифрові двійники та як ця технологія змінює світ. URL: <https://ain.ua/2025/05/20/shho-take-cifrovi-dviiniki-i-iak-cia-texnologii-zminiuye-svit/>

4 Norfolk Southern розгортає портали на базі штучного інтелекту для інспектування руху поїздів. URL: https://cfts.org.ua/news/2023/10/30/norfolk_southern_rozhortae_portali_na_bazi_shtuchnogo_intelektu_dlya_inspektuvannya_rukhu_pozdiv_76989

УДК 621.314

СЕМЕНЕНКО Ю.О. к.т.н., доцент, СЕМЕНЕНКО
О.І. к.т.н., доцент, СТЕПАНЧА С.Ю.
аспірант, ГОВОРУН В.В. аспірант, Український
державний університет залізничного транспорту,
м. Харків, СЕМЕНЕНКО О.Д. асистент,
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут», м. Харків

АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ЕЛЕКТРОПОЇЗДА

Застосування асинхронних двигунів на заміну двигунів постійного струму в електроприводі тягового рухомого складу надає суттєві переваги [1]. Світовий досвід експлуатації на залізницях показав, що за рахунок ефективного застосування безколекторного тягового електроприводу вдається збільшити в 1,5–2 рази осьову потужність, підвищити на 20–30% можливості зчеплення коліс з рейками та знизити експлуатаційні витрати до 40%. З урахуванням таких переваг на замовлення Укрзалізниці в Південній Кореї було виготовлено партію двосистемних швидкісних електропоїздів Хюндай *HRCS2* з асинхронними тяговими електродвигунами. Також для залізниць України ПАТ «КВБЗ» виготовив міжрегіональний двосистемний швидкісний електропоїзд ЕКр1 Тарпан з асинхронним електроприводом власної розробки.

Для живлення асинхронних тягових електродвигунів цих електропоїздів, як і у більшості рухомого складу з безколекторними електродвигунами, використовують трифазні мостові дворівневі інвертори напруги. Заміна традиційного дворівневого інвертора трирівневим з силовими ключами на базі швидкодіючих *IGBT* надає можливість підвищити енергетичну ефективність тягового електроприводу [1–2] електропоїздів. Пов'язано це з тим, що поліпшується якість вихідної трифазної напруги, внаслідок чого не потрібні потужні вихідні силові фільтри. Цим забезпечується зниження втрат енергії, тобто підвищується ККД, знижається маса та вартість перетворювача. Застосуванням тягових трирівневих інверторів напруги частково вирішується також проблема, пов'язана з виникненням розрядів і навіть руйнуванням ізоляції обмоток двигуна через різке зростання напруги (du/dt) при використанні силових ключів на базі швидкодіючих *IGBT*.

Внаслідок проведеного аналізу встановлено, що підвищення показників трифазних інверторів напруги для рухомого складу можливе також застосуванням алгоритмів векторного керування тяговими асинхронними двигунами [2]. Цей метод керування дозволяє ефективно і майже безінерційно регулювати частоту обертання та момент на валу електродвигунів. Покращується і гармонічний склад вихідної напруги, наприклад, для трифазного дворівневого інвертора коефіцієнт гармонік знижується від мінімально можливого значення 0,69

при синусоїдальній ШІМ до 0,53 при векторній синусоїдальній ШІМ.

Слід зазначити, що досить перспективний шлях підвищення енергетичної ефективності електроприводу електропоїздів, що полягає в застосуванні м'якої комутації напівпровідникових приладів силових ключів тягових інверторів [3–4]. Застосування м'якої комутації забезпечує силові прилади ключів перетворювача, з'єднуювальні кабелі та обмотки двигунів від різкого зростання напруги та струму, а також від їх пікових значень при комутації. Основна ж перевага використання м'якої комутації пов'язана із зниженням комутаційних втрат енергії в ключах, що забезпечує підвищення ККД тягового інвертора та спрощує його систему охолодження. Зниження теплового навантаження ключів тягових перетворювачів та поліпшення умов роботи тягових електродвигунів сприяє також підвищенню надійності обладнання електропоїздів в цілому.

Список використаних джерел

- 1 Гончаров Ю.П., Панасенко М.В. Семененко О.І., Хворост М.В. Статичні перетворювачі тягового рухомого складу/ За ред. Гончарова Ю.П., Харків, НТУ «ХПІ», 2007. – 192 с.
- 2 Силові напівпровідникові перетворювачі енергії: Навч. посібник/ О.О. Шавьолкін. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 403 с.
- 3 Семененко О.І. Застосування м'якої комутації у трифазних інверторах напруги тягового рухомого складу/ О.І. Семененко, Ю.О. Семененко, М.М. Одогов // 36. наук. пр. Укр. держ. ун. залізнич. трансп. – Х., 2024. – Вип. 208. – С. 222–233.
- 4 Deng J, Shi K, Zhao A et al. A universal zero-voltage-switching technique for multi-phase AC/DC converter. In: Proceedings of IEEE applied power electronics conference, Anaheim, USA, 17–21 March 2019, pp. 1204–1211.

УДК 656.1

М. І. Музикін (Університет митної справи та фінансів, УМСФ), Г. І. Нестеренко (Український державний університет науки і технологій, УДУНТ), А. С. Овчарук (Університет митної справи та фінансів, УМСФ)

МОЖЛИВОСТІ РОЗВИТКУ КОНТРЕЙЛЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПІСЛЯ ПОДОВЖЕННЯ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ДІЛЯНКИ З ЄВРОПЕЙСЬКОЮ ШИРИНОЮ КОЛІЇ ДО М. УЖГОРОД