

електричної та механічної динаміки, що робить їх придатними для аналізу в стаціонарному стані [4,5].

Силові агрегати різних типів мають свої переваги та обмеження. У найближчій перспективі гібридні моделі залишатимуться оптимальним рішенням для перехідного періоду між традиційними ДВЗ та повністю електричними приводами. У довгостроковій перспективі очікується переважання електроприводів, з огляду на їхню високу енергоефективність, простоту обслуговування та екологічність. Моделювання силових агрегатів дозволяє точніше оцінити їхні характеристики та знайти оптимальні рішення для різних категорій транспорту.

Література

1. Єпіфанов А. О., Білик С. В. Системи живлення автономних джерел енергії. Київ: КПІ ім. І. Сікорського, 2021. – 112 с.
2. Chen M., Rincon-Mora G. A. Accurate electrical battery model capable of predicting runtime and I-V performance. // IEEE Transactions on Energy Conversion. 2006. Vol. 21, № 2. С. 504–511.
3. Дяченко В. П. Системи живлення електричних транспортних засобів. – Харків: НТУ "ХПІ", 2020. – 158 с.
4. Zhang C., Jiang J., Zhang W., Zhang X. A novel battery state of charge estimation method using model and adaptive unscented Kalman filter // Journal of Power Sources. – 2017. – Vol. 263. – P. 636–647.
5. ЧАПЛИЙ, Д., & БАБЮК, С. (2024). Використання гібридного гістерезисного контролю для покращення характеристик LLC перетворювачів. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, 337(3(2), 119-125. URL: <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-337-3-17>

УДК 656.025

М.В. Зелінський, А.М. Матвійчук

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

РОЗРОБЛЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ У МІСТАХ

M.V. Zelinsky, A.M. Matviychuk

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEM FOR TRANSPORT FLOW MANAGEMENT IN CITIES

Сучасні міські транспортні мережі характеризуються високим рівнем завантаженості, нерівномірністю розподілу потоків та обмеженими можливостями швидкого реагування на ДТП, ремонтні роботи чи пікові навантаження. Зростання інтенсивності руху у великих містах України, насамперед у Києві, Львові, Дніпрі та Одесі, супроводжується значним збільшенням затримок транспортних засобів, що спричиняє економічні втрати, погіршення екологічної ситуації та зниження якості життя населення. У такій ситуації виникає потреба в ефективних рішеннях для організації дорожнього руху, здатних працювати в умовах динамічних змін транспортного середовища. Одним із найбільш перспективних напрямів є впровадження інтелектуальних транспортних систем (ІТС), які поєднують засоби збору даних, аналітичні алгоритми та технології керування потоками в реальному часі.

Розроблення ІТС є комплексним завданням, що передбачає врахування особливостей транспортної інфраструктури, можливостей цифрових технологій, умов експлуатації, а також соціально-економічних чинників. У багатьох країнах світу інтелектуальні транспортні системи стали основою модернізації дорожнього руху.

Сінгапур, Токіо, Мюнхен та Сідней продемонстрували високий рівень ефективності у використанні адаптивного регулювання світлофорів, централізованих систем моніторингу, автоматизованого збору даних про інтенсивність руху та систем прогнозування заторів. Зокрема, досвід Сінгапуру свідчить про можливість зниження рівня заторів на 20–30% за рахунок координації світлофорних об'єктів у режимі «зеленої хвилі», електронного збору плати за в'їзд у центр міста та інтеграції інформаційних систем. Проте впровадження подібних рішень у країнах із менш розвинутою інфраструктурою, включаючи Україну, потребує адаптації до місцевих умов, складності вуличної мережі, рівня цифровізації та бюджетних обмежень.

Проблема заторів у містах України загострюється також через непередбачувані фактори: дорожньо-транспортні пригоди, обмеження руху внаслідок ремонтних робіт, несприятливі погодні умови та сезонні пікові навантаження. Затори, що утворюються внаслідок ДТП, є однією з ключових причин втрат часу для учасників дорожнього руху. За даними досліджень, у Києві водій щороку витрачає понад 100 годин у заторах, а економічні втрати внаслідок додаткових витрат пального та зниження продуктивності наближаються до 18–20 тисяч гривень на одного автомобіліста. В умовах воєнного стану ці показники зростають через збільшення навантаження на окремі ділянки магістралей, перенаправлення транспортних потоків та зниження пропускної здатності мережі.

Основним напрямом мінімізації негативних наслідків затримок є формування ефективної системи ремаршрутизації транспортних потоків, що дозволяє в режимі реального часу визначати альтернативні шляхи руху та розподіляти потоки залежно від інтенсивності та стану дорожньої мережі. У цьому контексті важливим є застосування математичних моделей, побудованих на основі аналізу транспортних даних та оптимізаційних алгоритмів. Модель повинна враховувати множину факторів, включаючи параметри мережі, пропускну здатність окремих ділянок, динаміку потоку, ймовірність виникнення аварійних ситуацій, а також зміну інтенсивності руху протягом доби. Формування цільової функції, яка мінімізує сумарні затримки, дозволяє визначити оптимальну схему організації руху за різних сценаріїв.

Імітаційне моделювання в середовищі PTV Vissim є одним із найефективніших підходів до дослідження роботи транспортної мережі в умовах різних сценаріїв руху. Перевагою цього інструмента є можливість точного відтворення реальних характеристик транспортних потоків, врахування особливостей інфраструктури, поведінкових моделей водіїв та адаптивних систем регулювання. Моделювання дозволяє оцінити ефективність різних варіантів перенаправлення потоків, коригування тривалості фаз світлофорних об'єктів, а також зміни маршрутизації громадського транспорту. У результаті дослідження можна визначити оптимальний сценарій управління дорожнім рухом, який забезпечує зменшення часу затримок, скорочення черг на перехрестях та підвищення пропускної здатності мережі загалом.

Застосування ІТС включає також інтеграцію інфраструктурних елементів: датчиків інтенсивності руху, відеокамер, електронних інформаційних табло та інтерфейсів для взаємодії з користувачами. В українських містах значна частина інфраструктури вже існує, однак її ефективність обмежується відсутністю єдиної системи координації. Для забезпечення повноцінного функціонування необхідна інтеграція всіх елементів у централізований центр управління дорожнім рухом, що працюватиме на основі аналізу даних у режимі реального часу. Важливим завданням є розроблення алгоритмів автоматичного виявлення ДТП та миттєвого формування рекомендацій для перенаправлення транспортних потоків, зокрема за допомогою мобільних додатків і навігаційних систем.

Одним із перспективних напрямів є використання адаптивних світлофорних систем, які здатні самостійно коригувати тривалість фаз залежно від інтенсивності транспортного потоку. Результати моделювання показують, що впровадження адаптивного регулювання може зменшити затримки на перехрестях на 15–25%, а в

окремих випадках – до 40%. Важливим є також удосконалення роботи громадського транспорту шляхом пріоритетного надання «зеленої хвилі» для автобусів і тролейбусів, що дозволить скоротити час поїздки та підвищити привабливість громадського транспорту для мешканців міста.

Окремий аспект дослідження становлять питання охорони праці та безпеки в умовах зростання транспортних потоків і військових дій. Водії пасажирського транспорту працюють у складних умовах підвищеного навантаження, а транспортна інфраструктура часто піддається додатковим ризикам. У цих умовах необхідно забезпечити безпечні умови праці, застосування сучасних систем захисту, ефективну роботу екстрених служб та адаптацію маршрутів громадського транспорту до умов воєнного стану.

Проведене дослідження демонструє, що впровадження інтелектуальної транспортної системи управління потоками у містах України має значний потенціал для підвищення ефективності міської мобільності. Імітаційне моделювання дозволяє визначити раціональні параметри організації дорожнього руху та оптимізувати маршрутизацію транспортних потоків у найскладніших умовах. Результати дослідження можуть бути використані органами місцевого самоврядування, службами організації дорожнього руху та транспортними компаніями для розроблення рекомендацій щодо модернізації міських транспортних систем. Подальший розвиток цього напрямку передбачає розширення бази даних дорожніх сценаріїв, інтеграцію штучного інтелекту для прогнозування транспортних ситуацій та створення цифрових двійників міських мереж, що дозволить максимально ефективно управляти транспортною інфраструктурою міст України.

УДК663.17

Н.І. Івачевський, О.М. Мельничук, Г.В. Щур

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОДІЇ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИХ ФОРСУНОК ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ

N.I. Ivachevskyi, O.M. Melnychuk, G.V. Shchur

IMPROVING THE RESPONSE SPEED OF ELECTROHYDRAULIC DIESEL INJECTORS

У сучасних дизельних двигунах важливим фактором формування якісного процесу сумішоутворення є швидкодія та точність роботи електрогідравлічних форсунок. Затримки в русі голки розпилювача, нерівномірність тиску в гідрозамикальній камері, коливання тиску підголкової порожнини та конструктивні обмеження розпилювача призводять до погіршення розпилу палива, підвищення токсичності відпрацьованих газів і зниження економічності двигуна.

Однією з ключових проблем форсунок з верхнім упором голки є зменшення площі поверхні, на яку діє тиск зі сторони гідрозапірної камери під час максимального підйому голки. Це знижує силу, що сприяє початку її опускання, внаслідок чого голка не завершує упорскування на пікових тисках, а опускається раніше – при значно нижчих значеннях тиску. Наслідком є передчасне закінчення упорскування, нерівномірність формування паливо-повітряної суміші та підвищення ймовірності неповного згоряння палива.

При збільшенні діаметра каналу штанги, що з'єднує гідрозамикальну камеру з торцем голки, зростає швидкість опускання голки та загальна швидкодія форсунки. Водночас зменшується площа контакту голки з корпусом форсунки, що підвищує ризик зминання торцевих поверхонь та прискорює їхній знос. Це обмежує можливість простого збільшення геометричних параметрів для підвищення швидкодії.