**Реферат до роботи**

**«Наукові основи ефективної інтеграції електротранспорту в інфраструктуру населених пунктів України»**

*авторів:* *Луценко І.М., Федоряченко С.О., Бешта О.О., Весела М.А.*

**Актуальність роботи.** На сьогодні енергоефективність процесів виробництва, розподілу та споживання електричної енергії в Україні перебуває на вкрай низькому рівні у порівнянні з розвиненими країнами Європи або сумідніми країнами. Енергетична залежність нашої держави від імпортних енергоресурсів, дефіцит енергоносіїв власного видобутку, зовнішня агресія, застарілість та низька ефективність генеруючих потужностей електростанцій і мереж зумовлюють гостру необхідність розробки та впровадження передових науково-технічних рішень в електроенергетичній галузі. Поряд з цим, розширення ринку електромобілів створює умови для розвитку нових галузей, а використання потенціалу електротранспорту дає можливість не тільки створити нові робочі місця, але й оптимізувати роботу розподільчих електричних мереж та енергосистеми в цілому. Наукова робота стосується деяких інноваційних аспектів щодо вирішення вище наведених проблем, забезпечення енергонезалежності та енергобезпеки нашої держави, комплексного підвищення ефективності функціонування електроенергетичної галузі шляхом раціонального використання потенціалу комбінованих систем енергозабезпечення на базі електромобілів у якості, по-перше, децентралізованих високоманеврених та екологічних джерел енергозабезпечення населених пунктів, по-друге, як споживачів-регуляторів навантаження енергосистеми. Подальший розвиток електромобілів істотно стримують мала питома ємність сучасних тягових акумуляторних батарей, тривалий час, що вимагається для їх зарядки, а також необхідність створення спеціальної інфраструктури - зарядних станцій.

Це досягається шляхом розробки науково-технічних рішень щодо обґрунтування та реалізації раціональних режимів заряджання/розряджання тягових батарей електромобілів із впровадженням smart-технологій Vehicle-to-Grid (V2G) та Grid-to-Vehicle (G2V), які дозволять забезпечити ефективне управління процесами генерації та споживання енергії. Паралельно, наукове обґрунтування тенденцій розвитку інфраструктури електромобілів покликане збільшити ефективність запропонованих smart-рішень. А саме – визначити найбільш придатні для розміщення об’єкти транспортної інфраструктури (зарядні станції, сервіси) райони міст, що при зростаючому попиті на електромобілі дозволить забезпечити ефективне керування та взаємодію електромеханічної системи електромобіля з електротехнічним комплексом мережі та збільшити ресурс тягових батарей за рахунок уникнення глибокого розряду у випадках неоптимального розміщення зарядних станцій без додаткового пробігу на розряджених батареях.

Законодавчі ініціативи Уряду сприяють бурхливому розвитку ринку електромобілів в Україні, що матиме попит на відповідні науково-технічні Smart-рішення щодо забезпечення необхідної інфраструктури з уникненням негативного впливу зростання електричних навантажень на міські електромережі, це забезпечить позитивний соціальний ефект від впровадження ініціатив. Велику роль в підтримці екосистеми мають державні та фінансові структури, які надають додаткові пільги для власників електротранспорту. Постійне неминуче зростання вартості первинних енергоресурсів, а відповідно і тарифів на електроенергію, створює перспективні передумови щодо розвитку альтернативних джерел енергії та ресурсозберігаючих, енергоефективних технологій для процесів виробництва, розподілу та споживання електричної енергії з одночасним досягненням їх екологічності. Одним із важливих результатів наукової роботи є зниження собівартості перевезень, що за абсолютної залежності від імпортного палива є перспективним напрямом для реалізації на території України.

За обумовленної тенденції, наукове обґрунтування розвитку інфраструктури електромобілів покликане збільшити ефективність запропонованих smart-рішень. А саме – визначити найбільш придатні для розміщення об’єкти транспортної інфраструктури (зарядні станції, сервіси) райони міст, що при зростаючому попиті на електромобілі дозволить забезпечити ефективне керування та взаємодію електромеханічної системи електромобіля з електротехнічним комплексом мережі та збільшити ресурс тягових батарей за рахунок уникнення глибокого розряду у випадках неоптимального розміщення зарядних станцій без додаткового пробігу на розряджених батареях. Обгрунтування схемотехнічних рішень та параметри режимів роботи бортової системи перетворення енергії з можливістю модульної інтеграції та використання кількох джерел, у тому числі, альтернативних за критеріями досягнення найбільшої ефективності енергозабезпечення привода автомобіля з мінімальними капіталовкладеннями й конструктивними змінами на реалізацію технології сприятиме покращенню енергетичних характеристик електромеханічної системи електромобіля та розвитку структур електрогенеруючих комплексів, що є перспективним напрямком подальшого розвитку на ринку електричних та гібридних транспортних засобів.

Впровадження розроблених науково-технічних рішень забезпечить підвищення ефективності роботи розподільчих електричних мереж міст шляхом зниження втрат електричної енергії в них та раціонального використання номінальних параметрів елементів систем електропостачання, отримати значний ресурсозберігаючий, екологічний та соціальний ефект за рахунок зменшення витрати палива й зниження шкідливих викидів на пиловугільних блоках теплових електростанцій і переходу до екологічно чистого виду транспорту. Застосування запропонованих технологій ефективного управління електромеханічною системою електромобіля, у тому числі, з використанням альтернативних джерел енергії та його раціональною взаємодією з електротехнічним комплексом зарядних станцій і мереж дозволить знизити вартісні показники транспортного процесу та, при глобальному впроваджені, покращить зовнішній торгівельний баланс за рахунок зменшення попиту на імпортні енергоносії. Додатковим результатом виконання наукової роботи є концептуальне визначення комплексу передумов щодо розробки законодавчої бази для впровадження технологій Vehicle-to-Grid та Grid-to-Vehicle з урахуванням технічних, економічних, соціальних та правових аспектів ринку електричної енергії.

В основу даної роботи покладено розробки авторів, зокрема результати багаторічних досліджень та обґрунтування науково-технічних рішень щодо підвищення ефективності роботи розподільчих електричних мереж, їх основного електрообладнання шляхом урахування особливостей фактичних режимів експлуатації з оцінкою наявних резервів щодо ресурсо- та електрозбереження та передумов щодо їх вилучення, а також технологічного устаткування систем електроспоживання за рахунок підвищення точності управління ними шляхом інформатизації відповідних процесів. Синтез наведених знань із дослідженнями у галузі інтелектуального керування акумуляторними батареями, забезпечення ефективного перетворення енергії у комбінованих системах з використанням альтернативних джерел, використання положень теорії систем масового обслуговування та прикладної математики дозволив отримати ряд наукових результатів у напрямку інноваційних рішень в промисловості, що створить передумови для забезпечення комплексного вирішення проблем сталого розвитку економіки країни.

**Зв'язок із темами.** Дана робота виконана на кафедрах систем електропостачання, електроприводу, основ конструювання механізмів та машин, управління на транспорті НТУ «Дніпровська політехніка», рамках наступних науково-дослідних тем: ГП-499 «Створення методики прогнозування параметрів технічного стану складних електромеханічних систем електричних та гібридних автомобілів» (№ держреєстрації 0118U003189), ГП-478 «Розробка технології переобладнання передньопривідного автомобіля в повнопривідний гібридний» (№ держреєстрації 0115U002299), ГП-488 «Удосконалення технології гібридних і суто електричних транспортних засобів і їх інтеграція в енергетичну мережу ГП-488» (№ держреєстрації 0117U001126).

**Метою роботи** є обґрунтування науково-теоретичних засад комплексного розвитку інфраструктури для електричних та гібридних автомобілів в умовах урбанізованого середовища України з урахуванням технічних та економічних аспектів їх ефективної інтеграції в електричні мережі населених пунктів шляхом розробки типових шаблонів, структури та законів енергоефективного керування електромеханічною системою електромобіля та електротехнічним комплексом “електромобіль-зарядна станція-розподільча мережа”.

**Ідея роботи** полягає урозробці технології підвищення ефективності процесів виробництва, розподілу та споживання електричної енергії шляхом техніко-економічного обґрунтування раціональної інтеграції децентралізованих систем електрозабезпечення на базі електромобілів у якості високоманеврених електрогенеруючих комплексів, з однієї сторони, та активно-адаптивних споживачів-регуляторів навантаження енергосистеми, з іншої, з теоретичним обґрунтуванням та методичним поясненням пошуку цільової функції оптимального розміщення зарядних станцій та проектних потужностей сервісних станцій на основі теорії масового обслуговування. Визначення законів керування процесом заряду акумуляторних батарей та бортовою системою перетворення енергії дозволить підвищити ефективність електромеханічної системи електромобілів, а їх раціональна інтеграція в електричні мережі сприятиме підвищенню енергоефективності роботи електротехнічного комплексу «електромобіль – зарядна станція – розподільча мережа». У результаті буде досягнуто значних позитивних результатів як на загальнонаціональному рівні – зниження витрати палива й шкідливих викидів на пиловугільних блоках електростанцій при виробництві електричної енергії внаслідок скорочення часу їх роботи в маневрених режимах протягом доби, покращення екологічного стану регіону, створення умов для подальшого розвитку ринку електромобілів, так і на локальному – зменшення втрат електричної енергії, підвищення надійності енергозабезпечення, розвиток інфраструктури, збільшення робочих місць тощо.

**Об’єктом дослідження** є процеси ефективного керування та енергообміну в структурі електромеханічної системи електромобіля у складі електротехнічного комплексу «електромобіль – зарядна станція – розподільча електромережа» з урахуванням технічних та економічних умов, обмежень та цільових результатів їх експлуатації з визначенням законів формування оптимальної інфраструктури для обслуговування електричного транспорту.

**Предметом дослідження** є методологічні, методичні та прикладні аспекти підвищення енергоефективності режимів роботи систем генерації, розподілу та споживання електричної енергії, покращення екологічного стану урбанізованого середовища шляхом забезпечення раціональної інтеграції електромобілів в інфраструктуру населених пунктів, як високоманеврених електрогенеруючих комплексів з однієї сторони, та активно-адаптивних споживачів-регуляторів навантаження енергосистеми, з іншої, з розробкою заходів щодо побудови ефективної структури та алгоритмів керування електромеханічною бортовою системою електромобіля та формуванням оптимальної інфраструктури для забезпечення сталого розвитку напряму.

Для досягнення поставленої мети сформульовані та вирішені **наступні завдання:**

- проаналізовано та надано оцінку потенціалу глобального впливу децентралізованих систем енергозабезпечення на базі відновлюваних джерел і електромобілітету на стійкість та екологічність роботи енергосистеми України, її енергонезалежність;

- обґрунтовано доцільність використання електромобілів, як активно-адаптивних споживачів-регуляторів в умовах топології розташування об’єктів інфраструктури, показників графіків електричних навантажень їх роботи, параметрів живлячої мережі та її характеристик;

- виконано розрахунки режимів роботи типових топологій розподільчих електричних мереж та визначено ефективні точки розташування зарядних станцій електромобілів;

- надано техніко-економічне обґрунтування передумов щодо заохочення автовласників до участі у регулюванні режимів навантажень енергосистеми шляхом використання електромобіля, як споживача-регулятора або активного компенсатора потужності;

- виконано моделювання типових шаблонів енергоефективних режимів споживання/генерації електричної енергії тяговими батареями в умовах конкретної електричної мережі та користувача;

- запропоновано методику розрахунку електричних навантажень міських електричних мереж з урахуванням використання електромобілів, як споживачів-регуляторів для типових об’єктів міст;

- обґрунтовано параметри вибору та алгоритм роботи бортового обмежувача зарядного струму тягових батарей електротранспорту;

- запропоновано схемотехнічне рішення та алгоритм керування комбінованої схеми перетворення енергії електромобіля з двома джерелами;

- створено науково-дослідну лабораторію на базі екологічно «чистої» зарядної станції для тестування та розробки енергоефективних режимів використання електромобілів, як споживачів-регуляторів з метою апробації та верифікації запропонованих науково-технічних рішень;

- надано теоретичне обґрунтування та методичне пояснення пошуку цільової функції оптимального розміщення зарядних станцій та проектних потужностей сервісних станцій на основі теорії масового обслуговування.

**Методи дослідження.** Для вирішення поставлених задач застосовувався комплексний метод дослідження, який включав використання апробованих методик натурних спостережень, теорії ймовірностей та математичної статистики, теорії масового обслуговування, феноменологічного підходу. Оцінка результатів досліджень проводилася на підставі апробації в умовах лабораторії трансферу технологій НТУ «Дніпровська політехніка».

**Наукова новизна роботи:**

* вперше виконано комплексний аналіз очікуваного потенціалу використання технології G2V та V2G для систем виробництва, розподілу та споживання електричної енергії, що дозволяє оцінити економічний та екологічний ефект як для підприємств генерації електричної енергії, енергопостачальних та енергопередавальних компаній, так і для окремих автовласників з урахуванням компенсації прискореного зносу тягових батарей;
* вперше розглянуто можливість використання електромобілів у якості локальних споживачів-регуляторів електричних навантажень в енергосистемі України. Обґрунтовано необхідність розвитку децентралізованих систем енергозабезпечення для умов України та доведено значний потенціал використання технології Vehicle-to-Grid за критеріями економічності та екологічності процесів вироблення електричної енергії існуючими підприємствами генерації;
* розроблено методологічні підходи щодо підвищення ефективності функціонування централізованої системи електропостачання за рахунок раціонального впровадження споживачів-регуляторів на базі електромобілів в електричних мережах України;
* встановлено закономірностей впливу режимів роботи споживачів-регуляторів на базі електромобілів на формування електричних навантажень міських електричних мереж, а також розроблено методики комплексного врахування параметрів режимів роботи типових споживачів міських електричних мереж та їх структури при виборі номінальної потужності живлячих трансформаторів підстанцій 6(10)/0,4 кВ;
* обґрунтовано методику розрахунку електричних навантажень міських електричних мереж з урахуванням використання електромобілів, як споживачів-регуляторів для типових об’єктів міст
* розроблено варіанти схем підключення електромобілів до електричної мережі, запропоновано методику знаходження раціональної точки підключення електромобіля до електричної мережі для його ефективного використання при груповому та розподіленому споживанні-генерації електричної енергії;
* вперше запропоновано інтелектуальну методику управління станом акумуляторних батарей та систему ефективного керування перетворенням енергії на борту електромобіля із використанням кількох джерел, у тому числі, альтернативних;
* на єдиній методологічній основі вирішена задача про розміщення об’єктів інфраструктури та сформульовано вимоги до станцій технічного обслуговування електромобілів в умовах зростаючого ринку та встановлення ринку електроенергії в Україні.
* вперше представлено модель визначення оптимального місця розташування об’єктів інфраструктури в залежності від закону розподілу автомобілів різних типів на території міст.

**Наукове значення роботи** полягає у встановленні закономірностей формування оптимальної інфраструктури урбанізованих територій України в умовах широкомасштабного впровадження електричних та гібридних транспортних засобів з оцінкою їх впливу на ефективність роботи електроенергетичної та транспортної мережі населених пунктів, що дозволить покращити екологічний стан регіонів та забезпечити подальший енергоефективний сталий розвиток територіальних громад.

Впровадження смарт-технологій створення та використання високоманеврених децентралізованих систем енергозабезпечення на основі активно-адаптивних споживачів-регуляторів на базі електромобілів дозволить підвищити економічність процесів вироблення, передачі та розподілу електричної енергії за рахунок вирівнювання графіку електричних навантажень на рівні локальних та групових електричних мереж населених пунктів, оптимізувати вартість заряджання електромобілів та спрогнозувати необхідні виробничі потужності для їх обслуговування.

**1. Наукова задача дослідження полягає** у встановленні закономірностей комплексного впливу параметрів режимів роботи та структури електромеханічної системи електричних та гібридних транспортних засобів на ефективність роботи електротехнічного комплексу «електромобіль-зарядна станція-розподільча мережа» шляхом їх раціональної інтеграції за технологією високоманевреного споживача-регулятора та компенсатора навантаження на параметри роботи централізованої мережі з техніко-економічним обґрунтуванням визначенням оптимальних місць розташування об’єктів інфраструктури обслуговування електротранспорту, що дозволить: зменшити витрати енергії електромобілями при різних режимах руху та забезпечити оптимальні умови із розміщення об’єктів інфраструктури електротранспорту, уникнути необхідності тотальної модернізації розподільчих мереж, реалізувати часткову децентралізацію процесів вироблення електричної енергії; знизити витрату палива на пиловугільних блоках електростанцій при їх роботі в маневрених режимах протягом доби , покращити екологічний стан оточуючого середовища урбанізованих територій та підвищити стійкість роботи енергосистеми України.

**Практичне значення отриманих результатів.**

Запропонований комплекс технологічних рішень дозволить підвищити стійкість роботи енергосистеми України та покращити екологічний стан оточуючого середовища урбанізованих територій, зменшити енергетичну залежність транспортного та енергогенеруючого комплексів країни.

Створення оптимальної інфраструктури зарядних станцій та підприємств обслуговування електромобілів і гібридів дозволить отримати соціальний ефект, який полягає у створенні умов для забезпечення сталого розвитку територіальних громад у питанні зменшення безробіття, розвитку інноваційних професій, що вкрай важливо для стійкого зростання економіки України. Соціальний ефект також матиме місце для власників електромобілів, матеріальне стимулювання яких до участі у вирівнюванні графіків електричних навантажень енергосистеми за технологією Vehicle-to-Grid дозволить прискорити темпи популяризації екологічного виду транспорту серед населення, забезпечуючи відповідне покращення екологічної ситуації урбанізованих територій.

Економічний ефект полягає у зниженні капітальних та експлуатаційних витрат на систему електропостачання за умови ефективного використання електромобілів, як високоманеврених електрогенеруючих комплексів та споживачів-регуляторів, мінімізації витрат на будівництво зарядних та сервісних станцій, місце розташування яких обумовлюється законом розподілу транспортних засобів різних типів.

Раціональне впровадження децентралізованих електрогенеруючих комплексів дозволить покращити екологічність процесів виробництва електричної енергії на ТЕС ГК (ТЕЦ) за рахунок науково обґрунтованих заходів щодо вирівнювання графіку електричних навантажень енергосистеми України шляхом зменшення часу та глибини роботи пиловугільних енергоблоків в маневрених режимах при проходженні пікових та напівпікових періодів протягом доби, що додатково матиме позитивний соціальний ефект для населення регіону, що проживає поблизу об’єктів генерації.

Впровадження розроблених технологій дозволить підвищити стійкість енергосистеми, забезпечить енергетичну та екологічну безпеку територіальних громад та країни в цілому.

**Апробація роботи.** Основні результати роботи були повідомлені та обговорені на наступних наукових конференціях: International Virtual Conference on Science & Education 2016, Transport Ticketing Global 2017; «Форум гірників» (Дніпропетровськ, 2015 – 2017); Міжнародна науково-практична конференція «Енергоефективність та енергозбереження 2017» (16-17 листопада 2017 року, Україна, м. Дніпро), V Всеукраїнська науково-технічна конференція студентів, аспірантів і молодих вчених «Молодь: наука та інновації» (28-29 листопада 2017 р., Україна, м. Дніпро); Міжнародна науково-технічна конференція викладачів, аспірантів і студентів «Сучасні проблеми систем електропостачання промислових та побутових об’єктів» (Донецьк, 2013).

**Публікації.** Основні наукові і практичні результати досліджень опубліковані у 65 наукових роботах, у їх числі 46 робіт опубліковано у фахових виданнях, 10 – у закордонних виданнях.

Автор \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Луценко І.М.

*(підпис)*

Автор \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Федоряченко С.О.

*(підпис)*

Автор \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Бешта О.О.

*(підпис)*

Автор \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Весела М.А.

*(підпис)*