

Міністерство освіти і науки України  
 Національний технічний університет  
 «Дніпровська політехніка»

Інститут Електроенергетики

(інститут)

Електротехнічний

(факультет)

Кафедра систем електропостачання

(повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**кваліфікаційної роботи ступеню магістра**

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Дрозд Катерини Миколаївни

(ПІБ)

академічної групи 141М-18-13

(шифр)

спеціальності 141 – ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

(код і назва спеціальності)

спеціалізації<sup>1</sup>

за освітньо-професійною програмою

(офіційна назва)

на тему «Дослідження зниження втрат електричної енергії в розподільчих мережах зі споживачами-регуляторами на базі електромобілів»

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Луценко І.М.			
розділів:	Луценко І.М.			
	Тимошенко Л.В.			
<b>Рецензент</b>	Балахонцев О.В.			
<b>Нормоконтролер</b>	Олішевський Г.С.			

Дніпро  
 2019

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**  
завідувач кафедри

\_\_\_\_\_

(повна назва)

\_\_\_\_\_

(підпис) (прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу**  
**ступеню магістра**  
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

**Студенту Дрозд К.М.** академічної групи **141М-18-13**  
(прізвище та ініціали) (шифр)

**спеціальності 141 – ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА**  
**спеціалізації<sup>1</sup>**

**за освітньо-професійною програмою \_\_\_\_\_**

\_\_\_\_\_

(офіційна назва)

**на тему «Дослідження зниження втрат електричної енергії в розподільчих мережах**  
**зі споживачами-регуляторами на базі електромобілів»**

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

Розділ	Зміст	Термін виконання
<i>Аналітичний</i>	Аналіз причин виникнення втрат в розподільчих електричних мережах	15.10.19 – 01.11.19
<i>Дослідницький</i>	Проаналізувати режими роботи електричних міських ТП 6(20)/0,4 кВ. Обґрунтувати рішення щодо використання електромобілів у якості споживачів-регуляторів. Визначити потенціал впливу електромобілів на втрати електричної енергії в розподільчих електричних мережах.	01.11.19-30.11.19
<i>Економічний</i>	Техніко-економічне обґрунтування доцільності використання електромобілів у якості активних споживачів-регуляторів з позицій зниження втрат та ефективності використання обладнання мереж.	01.12.19-10.12.19

**Завдання видано \_\_\_\_\_ Луценко І.М.**  
(підпис керівника) (прізвище, ініціали)

**Дата видачі 15.10.2019 р.**

**Дата подання до екзаменаційної комісії \_\_\_\_\_**

**Прийнято до виконання \_\_\_\_\_**  
(підпис студента) (прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 64 стр., 18 табл., 16 рис., 10 джерел.

**Об'єкт дослідження** – процеси передачі та споживання електричної енергії в міських електричних мережах.

**Предмет дослідження** – параметри режимів роботи електричних мереж з електромобілями у якості споживачів-регуляторів.

**Мета дослідження** – обґрунтування ефективності використання електромобілів в міських електричних мережах у якості активних споживачів-регуляторів електричного навантаження з позицій зниження втрат та ефективності використання обладнання мереж.

У вступі подано мету дослідження, проблеми, на вирішення яких направлені заходи проекту, актуальність роботи та перспективи використання електромобілів у системах електропостачання.

У другому розділі виконано аналіз типових графіків електричних навантажень споживачів міських електричних мереж, виконано моделювання використання електромобілів у якості споживачів-регуляторів, наведено динаміку зміни втрат електричної енергії при загальному та регульованому ГЕН. Обґрунтовано можливість типорозмірної оптимізації трансформаторного електрообладнання електричних мереж з електромобілями у якості активних споживачів-регуляторів та компенсаторів навантаження.

В економічному розділі здійснено обґрунтування доцільності використання електромобілів в якості споживачів-регуляторів з позицій зниження втрат електричної енергії та підвищення ефективності використання номінальних параметрів електрообладнання мереж, доведено потенційну ефективність впровадження розроблених науково-технічних рішень.

СПОЖИВАЧ-РЕГУЛЯТОР, ЕЛЕКТРОМОБІЛЬ, СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ГРАФІКИ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ, АКУМУЛЯТОРНА БАТАРЕЯ, ВТРАТИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ, ТРАНСФОРМАТОРИ, ОПТИМІЗАЦІЯ.

## ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ	7
1.1 Проблеми функціонування розподільчих електричних мереж	7
1.2 Необхідність впровадження децентралізованих систем енергозабезпечення	11
1.3 Потенціал використання електромобілів у системах електропостачання України	15
1.4 Наукова задача дослідження	21
2 АНАЛІЗ ПОТЕНЦІАЛУ ЗНИЖЕННЯ ВТРАТ В МІСЬКИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ У ЯКОСТІ СПОЖИВАЧІВ-РЕГУЛЯТОРІВ НАВАНТАЖЕННЯ	22
2.1 Теоретичні засади визначення втрат електричної енергії в електричних мережах	22
2.2 Методи визначення втрат електричної енергії	25
2.3 Заходи зі зменшення втрат електричної енергії	29
2.4 Аналіз типових графіків електричних навантажень міських електричних мереж	32
2.5 Технічні характеристики типових електромобілів та зарядних станцій до них	34
2.6 Моделювання ефективних режимів роботи електромобілів у типових мережах	36
2.7 Дослідження динаміки зміни втрат електричної енергії при використанні електромобілів для вирівнювання ГЕН	43
Висновки по розділу	50
3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПОТЕНЦІАЛУ ЕФЕКТИВНОГО ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ	51
3.1 Визначення економічного потенціалу вирівнювання ГЕН з позицій зменшення витрати вугілля на ТЕС	51
3.2 Економічний ефект впливу показників ГЕН на доцільність типорозмірної оптимізації силових трансформаторів	55
3.3 Висновки по розділу	60
ВИСНОВКИ	61
Перелік посилань	63

## ВСТУП

Для будь-якої країни однією з найважливіших галузей національної економіки, що вимагає високих показників ефективності роботи, є електроенергетична сфера. Для електроенергетики України основною проблемою є низька ефективність, викликана експлуатацією морально і фізично застарілого обладнання, рівнем автоматизації процесів, що, в свою чергу призводить до підвищених питомих показників втрат електричної енергії, як технічних – через використання обладнання з високими питомими втратами, так і комерційних – через недосконалість систем облі електричної енергії та відповідні недообліки й розкрадання.

Щодо головних проблем функціонування електричних мереж, то для них саме характерні збільшені в порівнянні з розвиненими країнами рівні технологічних втрат електроенергії, викликані викладеними вище чинниками. Підвищення ефективності роботи електричних мереж України є пріоритетним напрямком діяльності, а розробка і впровадження відповідних заходів – актуальним завданням.

Втрати електричної енергії також залежать від показників режимів роботи електричних мереж та характеристиками споживачів, які отримують живлення та відповідно створюють графік електричних навантажень певного типу. Для ГЕН енергосистеми характерним є наявність ранкового та вечірнього піків навантаження тривалістю 6-8 годин. ГЕН є нерівномірним, а маневрена його частина покривається пиловугільними блоками теплових електростанцій, що призводить до збільшення питомих витрат палива на виробництво електричної енергії.

Знизити нерівномірність ГЕН можливо впорядкуванням ГЕН типових споживачів, наприклад комунально-побутових, споживання яких у загальному балансі досягає 30-40 % та продовжує зростати. Споживачі мають ставати регуляторами навантаження або просьюмерами, тобто у випадку наявності власних потенційних джерел «допомагати» енергосистемі покривати піки навантаження. Це можливо досягти шляхом використання

нових джерел, наприклад відновлюваної енергетики або потужних накопичувачів.

В Україні на даний час не розвинені накопичувальні технології та вони є досить дорогими для впровадження та використання у порівнянні з тарифом на електричну енергію. Проте, є необхідність задуматися над декарбонізацією енергетики та впроваджувати передові технології, що сприятимуть позитивним змінам в енергетиці, екології та сталому розвитку людства.

Новий тренд в енергетиці світу полягає у створенні децентралізованих джерел з системами акумуляції електричної енергії з урахуванням можливості ефективного задоволення попиту на електричну енергію у відповідності до поточного навантаження мережі та попиту на електричну енергію. В Україні таку технологію поки не впроваджують, а розташування станцій з відновлюваними джерелами не відповідає потребам регіонів, де вони встановлюються.

Ефективним заходом для вирівнювання графіка електричних навантажень енергосистеми може стати раціональне впровадження споживачів-регуляторів з урахуванням диференційованих по зонам доби тарифів та їх впливу на зміщення електроспоживання на нічну зону. В Європі та в Україні активно розвивається електричний побутовий та громадський транспорт, ефективне використання якого також може покращити економічну складову виробництва та розподілу електричної енергії за рахунок роботи в режимі активного споживача-регулятора навантаження за чітко визначеними шаблонами.

Тому доцільно дослідити та оцінити потенційний вплив електромобілів на режими роботи розподільчих мереж 6-10 кВ міст з позицій регулювання графіка споживання електричної енергії та підвищення пропускнуєї спроможності електричної мережі та зниження втрат електричної енергії в них з оптимізацією обладнання за типорозмірною структурою.

## ВИСНОВКИ

У дипломній роботі вирішено наукову задачу, яка полягає у встановленні закономірностей динаміки зміни втрат електричної енергії в розподільчих електричних мережах за умови використання електромобілів за технологією активного споживача-регулятора, а також вилучення наявних резервів пропускної спроможності мереж і ефективного використання електрообладнання.

Проаналізовано потенціал вирівнювання добового графіка електричних навантажень типового району споживачів міських електричних мереж з позицій зниження втрат електричної енергії при регулюванні ГЕН зі сторони 0,4 кВ за допомогою електромобілів.

В результаті моделювання та проведених розрахунків режимів використання електромобілів за смарт-технологіями V2G/G2V доведено можливість знизити розрахунковий максимум навантаження електромережі на 45%, або в 1,8 рази, що створює передумови до ефективного вибору устаткування мереж та його подальшого використання у відповідності до номінальних параметрів. Отримані результати представляють наукову новизну, оскільки використання запропонованих принципів дозволяє знизити втрати електричної енергії в електричних мережах на 7-10 % у порівнянні з існуючими, підвищити пропускну спроможність електричних мереж у випадку, що розглядається на 45 %, що сприятиме зниженню капіталовкладень в електрообладнання мереж.

Доведено економічний ефект від регулювання графіків електричних навантажень населення та непромислових споживачів за допомогою електромобілів за запропонованими шаблонами, який полягатиме у вирівнюванні ГЕН та зниженні його маневреної складової, за рахунок чого буде забезпечена економія палива (вугілля) на ТЕС загальною вартістю 422,5 млн. грн (близько 585 тис. тонн економії вугілля).

Економічний ефект, який спостерігатиметься в електричних мережах щодо зниження втрат електричної енергії при вирівнюванні ГЕН є

позитивним при виконанні регулювання. Додатково виконано обґрунтування, що при застосуванні оптимального типорозміру трансформаторів економічний ефект полягає у зменшенні первинних капіталовкладень в обладнання, а підвищені втрати при цьому лише дещо знижують даний ефект, проте не нівелюють його, оскільки порівнюючи капіталовкладення і втрати на періоді регламентованої експлуатації трансформаторного обладнання, економічний ефект залишається додатнім.

Важливо на сьогодні обґрунтовано забезпечити законодавчу базу щодо розвитку електромобілітету та інфраструктури до них, розглядаючи відразу встановлення двонаправлених станцій заряду-розряду батарей, щоб уникнути проблем зі стійкістю роботи енергосистеми, які виникли у секторі відновлюваної енергетики внаслідок неупорядкованої генерації енергії без прив'язки до попиту на неї та режимів роботи енерговузлів.

Для більш детального ознайомлення з матеріалами кваліфікаційної роботи звертайтеся до заступника завідуючого кафедри електроенергетики проф. Луценко І.М.  
Електронна адреса [lutsenko.i.m@nmu.one](mailto:lutsenko.i.m@nmu.one)