

АНАЛІЗ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖАХ ТА МЕТОДИ ЇХ ЗНИЖЕННЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація.

У тезах досліджено ключові джерела втрат електроенергії в розподільчих електричних мережах середньої та низької напруги. Розглянуто технічні (омічні, трансформаторні, реактивні) та нетехнічні втрати, а також фактори, що впливають на їх величину. Проаналізовано сучасні методи зниження втрат: компенсація реактивної потужності, оптимізація топології, впровадження Smart Grid-технологій. Отримані результати мають практичне значення для підвищення енергоефективності мереж.

Ключові слова: втрати електроенергії, розподільчі мережі, енергоефективність, Smart Grid, компенсація реактивної потужності.

Abstract.

The thesis examines key sources of electricity losses in medium and low voltage distribution networks. Technical (ohmic, transformer, reactive) and non-technical losses are analyzed, along with factors affecting their magnitude. Modern loss reduction methods are reviewed: reactive power compensation, network topology optimization, and implementation of Smart Grid technologies. The results have practical significance for improving power grid energy efficiency.

Keywords electricity losses, distribution networks, energy efficiency, Smart Grid, reactive power compensation.

Вступ

Втрати електроенергії в розподільчих мережах є ключовим чинником, що впливає на надійність та економічну ефективність енергосистем. Частка таких втрат може досягати 10–15% від загального обсягу переданої енергії. В умовах трансформації енергосистеми України, особливо через децентралізацію та пошкодження інфраструктури, це питання набуває критичного практичного значення.

Мета роботи — проаналізувати джерела та класифікацію втрат, визначити фактори впливу, розглянути інженерні рішення для їх зниження та сформулювати практичні рекомендації для підвищення енергоефективності розподільчих мереж України.

Результати дослідження

ОСНОВНІ ДЖЕРЕЛА ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Аналіз даних показав, що структура технічних втрат у розподільчих мережах є наступною:

- Активні втрати (I^2R) у проводах — 60.0%
- Втрати в трансформаторах — 20.0%.

- Втрати на ізоляторах та витоки — 10.0%.
- Втрати на реактивну потужність — 5.0%
- Інші технічні втрати — 5.0%

Діаграма втрат електроенергії в розподільчих лініях:



ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА РІВЕНЬ ВТРАТ

Дослідження виявило ключові залежності втрат від параметрів мережі:

- Залежність від навантаження: Втрати мають U-подібну залежність від навантаження. При низьких навантаженнях домінують фіксовані втрати (наприклад, у трансформаторах), а при високих — стрімко зростають активні втрати. Оптимальне навантаження, при якому втрати мінімальні, для досліджених мереж становить близько 300 МВт
- Залежність від довжини лінії: Втрати зростають практично лінійно зі збільшенням довжини лінії електропередач. Це підтверджує, що скорочення довжини ліній є ефективним методом зниження втрат.

МЕТОДИ ЗНИЖЕННЯ ВТРАТ

На основі огляду сучасних підходів визначено найбільш ефективні заходи:

Підхід	Переваги
Приблизний розрахунок втрат	Швидке оцінювання втрат без повного моделювання мережі
Smart Metering + AMI	Точне виявлення втрат, контроль споживання, локалізація некомерційних втрат
Прогнозування на базі ШІ (ML, LSTM)	Значне зменшення похибок у прогнозуванні навантаження та втрат
Компенсація реактивної потужності	Зменшення активних втрат, покращення коефіцієнта потужності
Оптимізація топології мережі	Скорочення довжини ліній, мінімізація навантаження на елементи мережі
Використання накопичувачів енергії	Розвантаження мереж у пікові години, балансування реактивної потужності
Інтеграція технологій Smart Grid	Комплексне управління та оптимізація режимів роботи в реальному часі

Висновки

1. Основними джерелами втрат в розподільчих мережах є активні (омічні) втрати в проводах, які становлять понад 60%, та втрати в трансформаторах (близько 20%).
2. Рівень втрат суттєво залежить від завантаження мережі та довжини ліній. Оптимізація цих параметрів є ключовим завданням для підвищення енергоефективності.
3. Для зниження втрат необхідно впроваджувати комплексні технічні та організаційні заходи, зокрема: використання провідників з оптимальним перерізом, автоматизовану компенсацію реактивної потужності, модернізацію трансформаторів та впровадження систем моніторингу в реальному часі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Стрембіцький П., Юхимчук М., Лесько В., Перепелиця С. (2025). Централізований моніторинг інфраструктури з використанням системи THANOS: перспективи та виклики. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, 347(1), 417-422. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-347-57> Green hydrogen from renewable surplus: Production and storage potential. International Journal of Hydrogen Energy. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319925025066>
2. ПЕРЕПЕЛИЦЯ, С., ЮХИМЧУК, М., & ЛЕСЬКО, В. (2025). МОДЕЛЮВАННЯ КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ В УМОВАХ НЕГАТИВНИХ ЗОВНІШНІХ ФАКТОРІВ. MEASURING AND COMPUTING DEVICES IN TECHNOLOGICAL PROCESSES, (1), 7–12. <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2025-81-1>
3. INTEGRATION OF TECHNICAL SAW AND ARTICLE INTELLIGENCE SYSTEMS FOR AUTOMATED IMAGE RECOGNITION IN ENERGY SUPPLEMENTS. М Юхимчук, В Лесько -

Міжнародна науково-технічна конференція з оптико-електронних інформаційних технологій
"ФОТОНІКА – ODS 2025" ,
2025https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/ods/ods_2025/paper/view/23067

4. Мироненко В. М. Енергоефективність електричних мереж. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. – 192 с.
5. Хоменко С. В., Ющенко І. О. Методика оцінювання втрат електроенергії в розподільчих мережах. // Технічна електродинаміка. – 2021. – №2. – С. 33–39.
6. ДСТУ EN 50160:2014. Характеристики напруги в електричних мережах загального користування. – Київ: УкрНДНЦ, 2014.
7. ДСТУ EN 50160:2014. Характеристики напруги в електричних мережах загального користування. – Київ: УкрНДНЦ, 2014.

Іващенко І. О. — студент групи 1ЕСМ-23б, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця,
e-mail: vanyvany1234567.za@gmail.com

Климчук О. В. — аспірант кафедри ЕСС,
e-mail: aleksandr.klymchuk@gmail.com

Науковий керівник: **Лесько Владислав Олександрович** — к.т.н. доц. кафедри ЕСС, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Ivaschenko I. O. — student of group 1ESM-23b, Faculty of Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia,
e-mail: vanyvany1234567.za@gmail.com

Klymchuk O. V. — postgraduate student of the Department of Electrical Stations and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: aleksandr.klymchuk@gmail.com

Scientific supervisor: **Lesko Vladyslav Oleksandrovych** — phd in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electrical Systems and Networks, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia