

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПОШКОДЖУВАНOSTI ОБЛАДНАННЯ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ З ВДЕ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*В роботі виконано аналіз технічного стану обладнання розподільних електричних мереж, а саме повітряних та кабельних ліній електропередачі, в яких експлуатуються електричні станції, що працюють на відновлюваних джерелах енергії.*

**Ключові слова:** розподільні мережі, технічний стан, обладнання, відновлювані джерела енергії.

### *Abstract*

*The analysis of the technical condition of the equipment of distribution electric networks, namely overhead and cable power lines, in which power plants operating on renewable energy sources are operated, is performed in the work.*

**Keywords:** distribution networks, technical condition, equipment, renewable energy sources.

### Вступ

Сучасні локальні електричні системи (ЛЕС) України є складовою частиною розподільних електричних мереж (РЕМ) енергопостачальних компаній (ЕПК). ЛЕС являється розподільною електричною мережею або її частиною, в якій в якості джерел енергії використовуються джерела розосередженого генерування, що використовують нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії [1-4]. В даний час існує багато проектів ЛЕС по всьому світі, таких як, наприклад, ЛЕС Кіфнос в Греції, ЛЕС Аїті, Кіятанго і Хачінохе ЛЕС в Японії [5] і т. п.

Ознакою ЛЕС є підключення до РЕМ розосереджених джерел електроенергії. Стрімке зростання тарифів на електричну енергію спонукає не лише представників середнього та малого бізнесу, а і населення України використовувати сонячні теплові колектори, фотоелектричні модулі, сонячні електричні станції, сонячні теплові електричні станції, малі, міні та мікро гідроелектростанції, когенераційні установки, вітрові електричні станції і т. п. Використання власних відновлювальних джерел енергії споживачами зменшує споживання вартісної електроенергії від центрів живлення.

З часом надлишок електроенергії такі споживачі мають змогу віддавати в РЕМ енергопостачальних компаній (ЕПК), перетворюючи їх в активні елементи ЛЕС. Існуючі в наш час тарифи на генеровану такими активними споживачами електроенергію, а також заходи з пільгового кредитування заохочують споживачів впроваджувати в себе ВДЕ.

Стійке функціонування РЕМ ЕПК неможливе без надійної і якісної роботи ЛЕС, які є кінцевою ланкою в системі електропостачання, що взаємодіє з конкретним споживачем.

### Результати дослідження

Досліджуване підприємство РЕМ експлуатує повітряні та кабельні лінії електропередач напругою 35 кВ, 10 кВ та 0,4 кВ (з них в ЛЕС – 10 кВ).

Кабельні мережі 10 кВ побудовані по петльовій змішаній схемі живлення трансформаторних підстанцій (ТП) або у вигляді 2-х прямих та кільцевих схем живлення двосекційних двох трансформаторних підстанцій (мікрорайони нової забудови). Силові кабелі це, в основному броньові кабелі з паперовою ізоляцією з алюмінієвими жилами.

Повітряні лінії 10 кВ мають змішані схеми – петльові та за кільцеві схеми живлення трансформаторних підстанцій 10/0,4 кВ. Лінії довжиною 2,1 км зроблені із ізолюваного проводу СПП, та становлять 25% від загальної довжини ЛЕП. Повітряні лінії 0,4 кВ побудовані за радіальним принципом. На повітряних лініях часто використовуються алюмінієві проводи малих діаметрів, дерев'яні та залізобетонні опори з механічною міцністю 27 кН·м.

Проаналізовано основні показники з аварійності та збитків від пошкоджень обладнання в досліджуваному підприємстві РЕМ у 2019 році.

Недовідпуск електроенергії становив 256,7 кВт·год за 2019 рік. Серед інших мали місце перерви в електропостачанні в ЛЕС, які викликані діями споживачів, а також відключеннями внаслідок пошкодження ПЛ, КЛ, трансформаторів, обладнання трансформаторних підстанцій (ТП) та розподільних пристроїв (РП).

Найненадійнішим елементом системи електроспоживання є ЛЕП. Це пов'язано з їх протяжністю та впливом на них великої кількості різних зовнішніх чинників. За досліджуваний період біля 90% відключень зумовлені ЛЕП.

Причинами пошкодження кабельних ліній є старіння міжфазної та поясної ізоляції, електрична і механічна корозія покриття, перевантаження кабелю, потрапляння вологи в кабель, дефекти монтажу з'єднувальних муфт та ін. В результаті мали місце 46 пошкоджень КЛ. Їх причини наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Причини пошкодження кабельних ліній 0,4 кВ та 10 кВ

| Причини пошкодження             | Кількість пошкоджень, од. | Відсоткова частка від загальної кількості, % |
|---------------------------------|---------------------------|--|
| <b>КЛ 10 кВ</b>                 |                           |  |
| Механічні пошкодження           | 7                         | 25,92  |
| Дефект прокладання              | 1                         | 3,70   |
| Ґрунтова корозія                | 2                         | 7,42   |
| Заводський брак                 | 0                         | 0  |
| Старіння ізоляції               | 1                         | 3,70   |
| Перенапруги                     | 4                         | 14,81  |
| Несправність з'єднувальних муфт | 7                         | 25,92  |
| Несправність кільцевої муфти    | 3                         | 11,11  |
| Інші причини                    | 2                         | 7,42   |
| <b>КЛ 0,4 кВ</b>                |                           |  |
| Механічні пошкодження           | 3                         | 15,78  |
| Дефект прокладання              | 3                         | 15,78  |
| Ґрунтова корозія                | 2                         | 10,545                                       |
| Заводський брак                 | 1                         | 5,26   |
| Старіння ізоляції               | 3                         | 15,78  |
| Перенапруги                     | 0                         | 0  |
| Несправність з'єднувальних муфт | 4                         | 21,05  |
| Несправність кільцевої муфти    | 1                         | 5,26   |
| Інші причини                    | 2                         | 10,545                                       |

Проведені дослідження літературних джерел свідчать про те, що КЛ 10 кВ механічно пошкоджуються частіше за КЛ 0,4 кВ. В той же час КЛ 10 кВ мають меншу частку пошкоджень, викликаних старінням ізоляції.

Також на ПЛ 10 кВ протягом 2019 року сталося 3 аварійних вимкнення, а саме: у зв'язку з замиканням на землю та у зв'язку з спрацюванням розрядників. Така кількість вимикань зумовлена невеликою кількістю і протяжністю ЛЕП 10 кВ.

Якість роботи ЛЕС та надійність електропостачання багато в чому залежать від надійності роботи ПЛ 0,4 кВ. В мережах досліджуваного підприємства РЕМ за період 2018 ÷ 2019 рр. зафіксовано 29 пошкодження ПЛ 0,4 кВ. Їх причини наведені в табл. 2.

Отже, в ЛЕС часто перерви в електропостачанні викликані пошкодженнями ліній електропередач. Це вимагає від споживачів використовувати резервні джерела живлення і розташовувати їх поряд з навантаженням.

Таблиця 2 – Аналіз причин пошкоджень ПЛ напругою 0,4 кВ

| Причини пошкоджень               | Кількість пошкоджень, од. | Відсоткова частка пошкоджень в загальній їх кількості, % |
|----------------------------------|---------------------------|--|
| Згорання запобіжників            | 9                         | 31,03  |
| Обрив проводу автотранспортом    | 3                         | 10,344   |
| Пошкодження опор автотранспортом | 4                         | 13,79  |
| Обрив проводу з інших причин     | 4                         | 13,79  |
| Падіння дерев                    | 6                         | 20,7   |
| Інші причини                     | 3                         | 10,35  |

### Висновки

РДЕ розбудовуються в мережах, де електрообладнання (трансформатори, комутаційні апарати, ЛЕП) мають високу міру зношеності. РДЕ, надто електростанції, що використовують ВДЕ, через їх нестабільність генерування впливають на режими роботи РЕМ таким чином, що її елементи можуть в певних режимах перевантажуватися та піддаватися перенапругам. З однієї сторони, це призводить до погіршення стану електрообладнання РЕМ, а з іншої – змушує накладати обмеження на роботу РДЕ. Отже, при плануванні оптимальних режимів ЛЕС і РДЕ необхідно враховувати їх взаємовплив. Це стосується і визначення раціонального місця секціонування РЕМ. Необхідно аналізувати, оцінювати і враховувати неможливість транспортування потужності РДЕ в разі пошкоджень в електричній мережі. Результати такого аналізу можуть показати, наприклад, необхідність встановлення додаткових комутаційних апаратів секціонування мережі.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кириленко О. В. Технічні особливості функціонування енергосистем при інтеграції джерел розподіленої генерації / О. В. Кириленко, І. В. Трач // Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України. – 2009. – Вип. 24. – С. 3–7. – ISSN 1727-9895.
2. Тугай Ю. І. Інтеграція поновлюваних джерел енергії в розподільні електричні мережі сільських регіонів / Ю. І. Тугай, В. В. Козирський, О. В. Гай, В. М. Бодунов // Технічна електродинаміка. – 2011. – № 5. – С. 63
3. Кудря С. О. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії / С. О. Кудря . – К. : НТУУ «КПІ», 2012. – 492 с. – ISBN 978-966-622-521-7.
4. Лежнюк П.Д. Відновлювані джерела енергії в розподільних електричних мережах : монографія / П. Д. Лежнюк, О. А. Ковальчук, О. В. Нікіторович, В. В. Кулик. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 204 с. – ISBN 978-966-641-577-9.
5. Ngamroo I. Robust coordinated control of electrolyzer and PSS for stabilization of microgrid based on PID-based mixed  $H_2/H_\infty$  control / I. Ngamroo // Renewable Energy .– 2012. – №. 45. – С.16–23.

**Гасич Владислав Володимирович** – студент, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [gasich.vlad5@gmail.com](mailto:gasich.vlad5@gmail.com)

Науковий керівник: **Гулько Ірина Олександрівна** — канд. техн. наук, старший викладач кафедри електричних станцій та систем, Вінницький національний технічний університет

**Gasych Vladyslav V.** - student, Vinnitsa National Technical University, student of the department of electric power stations and systems; Vinnitsa, Ukraine; e-mail: [gasich.vlad5@gmail.com](mailto:gasich.vlad5@gmail.com)

Supervisor: **Hunko Iryna Oleksandrivna** – Ph.D., Senior Lecturer of electrical stations and systems department, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, email : [iryna\\_hunko@ukr.net](mailto:iryna_hunko@ukr.net)