

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

Бондаренко Р. В.¹, Довгалюк О. М.¹, Омеляненко Г. В.¹,
Піротті О. Є.¹, Сиромятнікова Т. В.²

¹Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут",
²Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

Розглянуто основні характеристики та перспективи розвитку розподільних електричних мереж України, виявлені шляхи підвищення ефективності та надійності їх функціонування.

Постановка проблеми. Розподільні електричні мережі України характеризуються складною і розгалуженою структурою, великою кількістю елементів та низьким рівнем автоматизації. У той же час розподільні електричні мережі є тим елементом електроенергетичної системи (ЕЕС), який безпосередньо взаємодіє як із магістральними електричними мережами, так і зі споживачами. Саме тому від якості їх роботи залежать показники надійності і ефективності функціонування всієї системи електропостачання в цілому.

Таким чином, розробка та впровадження заходів для підвищення надійності функціонування розподільних електричних мереж на сьогоднішній день є актуальною задачею для енергосистеми України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню особливостей роботи розподільних електричних мереж приділяють багато уваги українські й іноземні вчені, серед яких слід відзначити Dugan R.C., Makі K., Kudryu S.O., Kirilenko O.V., Zharkina A.F., Prakhovnik A.V., Tugay Yu. I., Yandul'sky O.S., Kulyka V.V., Lezhnyuk P.D., Cheremishina M.M. та інших. Значна частка наукових робіт присвячена питанням аналізу технічного стану та особливостей роботи, секціонування та розрахунку надійності розподільних електричних мереж [1-4]. Моделюванню та дослідженню режимів роботи сучасних розподільних електричних мереж присвячені роботи [5-9]. Важливим аспектом роботи електричних мереж є дослідження якості електричної енергії, саме тому це питання також найшло відображення у багатьох дослідженнях [10-12]. У той же час питанням підвищення надійності функціонування розподільних електричних мереж доцільно приділити більше уваги, особливо в умовах реформування енергетичного сектору при переході до нової моделі енергоринку.

Мета статті. Метою проведених досліджень був аналіз стану роботи та розробка шляхів підвищення надійності функціонування розподільних електричних мереж України.

Основні матеріали дослідження. Об'єднана енергетична система (ОЕС) України на сьогодні є одним з найбільших енергооб'єднань Європи, у складі якої виділяють сектор передачі та розподілу електроенергії, де діють 40 ліцензіатів на передачу електроенергії місцевими (локальними) електричними мережами та 147 ліцензіатів на постачання електричної енергії [13]. Станом на початок 2018 року система розподілу електричної енергії в Україні нараховує більше 1 млн. км. повітряних (ПЛ) і кабельних ліній (КЛ) електропередачі напругою 0,4 – 150 кВ і близько 200 тис. транс-

форматорних підстанцій напругою 6 – 150 кВ. Загальна характеристика розподільних електричних мереж України представлена в табл. 1, яка стосовно [13] дозволяє проаналізувати значення питомої ваги із забезпечення потреб розглядаємих мереж.

Таблиця 1 – Характеристика електричних мереж України

Показник	Напруга, кВ				
	110(150)	35	10(6)	0,4	Всього
Лінії електропередачі					
Довжина ЛЕП, км	34823,5	55810,8	292123,6	413453,7	796211,6
ПЛ	34803,2	55380,0	253705,8	383550,6	727439,6
КЛ	20,3	430,8	38417,8	29903,1	68772,0
Питома вага у загальній кількості, %	11,4		88,6		100
Підстанції					
Кількість ПС, шт.	1312	3412	182243	186967	
Питома вага, %	2,5		97,5	100	
Сумарна потужність трансформаторів, МВА	48244	19615	37486	105345	
Питома вага у загальній кількості, %	64,4		35,6	100	

Сучасний стан розвитку розподільних електричних мереж України характеризується такими негативними чинниками як:

- незадовільний стан значної частки обладнання електричних мереж, більшість з якого відпрацювала передбаченою технічною документацією термін експлуатації і спричиняє значні втрати електричної енергії, недостатню надійність при експлуатації мережі та потребує заміни;

- неефективна конфігурація мереж, яка в першу чергу проявляється у значній довжині ліній електропередачі (ЛЕП), а також в неоптимальній структурі мережі внаслідок поступового розвитку та реконструкції мереж;

- низький рівень автоматизації мереж (на сьогоднішній день рівень оснащення розподільних електричних мереж засобами автоматичного управління

режимами складає менше 50 %, що призводить до значних операційних втрат);

- проблеми з підключенням нових абонентів, зокрема розподіленої генерації, електроопалення та інфраструктури електротранспорту, які виникають через низьку пропускну здатність розподільних електричних мереж;

- низька якість електропостачання споживачів (низький рівень технічного стану розподільних електричних мереж сприяє зниженню індексу середньої тривалості відключень (SAIDI) та індексу середньої частоти відключень у системі (SAIFI) міжнародних показників надійності електропостачання споживачів - тривалість перерв електропостачання в Україні сягає від 580 до 870 хвилин, тоді як у країнах ЄС – до 40 хвилин [14]);

- низький рівень оснащення розподільних електричних мереж автоматизованими системами обліку електроенергії, який станом на 01.01.2018 р. складає лише 3 %.

Як результат такого незадовільного технічного стану розвитку розподільних електричних мереж України є

- збільшення втрат електричної енергії, які становлять від 12 до 17% для розподільних мереж різних енергопостачальних компаній;

- зниження показників надійності роботи електричних мереж;

- зниження ефективності роботи ОЕС України.

Для вирішення зазначених проблем необхідно розробити заходи щодо покращення функціонування електричних мереж енергопостачальних компаній України з урахуванням регіональних особливостей, комплексного підходу до вирішуваної задачі та можливість залучення сучасних методів і технологій.

Серед основних шляхів підвищення надійності роботи розподільних електричних мереж необхідно впровадження наступних організаційно-технічних заходів:

1. оновлення обладнання розподільних електричних мереж, при якому перевагу слід надавати інтелектуальному обладнанню з подальшою перспективою запровадження цифрових підстанцій;

2. зміна конфігурації розподільних електричних мереж, яка забезпечить наближення мереж більш високої напруги до споживачів і буде сприяти зменшенню довжини ЛЕП та зниженню величини втрат електроенергії відповідно;

3. зміна структури розподільних електричних мереж, яка буде полягати в зниженні ступенів трансформації електроенергії при переході з напруги 10 (6) кВ на 20 кВ, що забезпечить збільшення пропускну спроможності електричних мереж, наявність резерву для підключення нових абонентів, а також сприятиме створенню додаткових умов для розвитку інфраструктури електротранспорту;

4. підвищення рівня автоматизації розподільних електричних мереж за рахунок застосування телемеханізації трансформаторних підстанцій, секціонування мереж за допомогою реклоузерів та ін., що дозволить знизити операційні втрати, забезпечити необхідний рівень якості електропостачання споживачів

(SAIDI для розташованих в містах споживачів на рівні 150 хвилин, для сільської місцевості – 300 хвилин);

5. зміна режиму роботи релейного захисту, яка буде забезпечувати відключення однофазних замикань на землю в розподільних електричних мережах, що сприятиме підвищенню безпеки при експлуатації мереж та зниженню перенапруги з обладнання;

6. підвищення рівня оснащення розподільних електричних мереж автоматизованими системами обліку електроенергії, що дозволить знизити комерційні втрати електричної енергії та в перспективі запровадити можливість керування попитом з боку споживача, а також забезпечить організацію дистанційного збору даних для управління режимами електричних мереж з використанням систем Smart Grid.

Реалізація зазначених заходів для підвищення надійності роботи розподільних електричних мереж відповідає сучасним світовим тенденціям розвитку енергетичного сектору та загальним задачам нової енергетичної стратегії України [15], відповідно до якої зміна показників надійності електричних мереж передбачається в межах, показаних на рис. 1 і рис. 2.

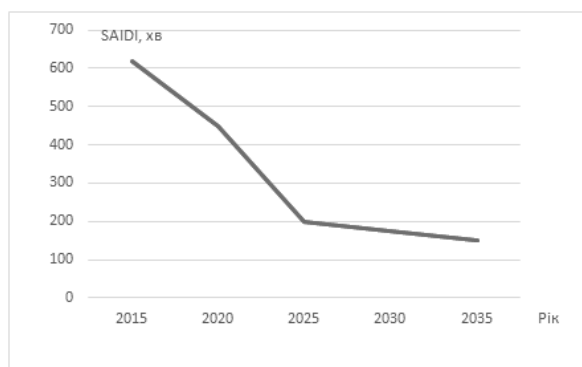


Рисунок 1 – Максимальні значення SAIDI, що плануються для розподільних електричних мереж України

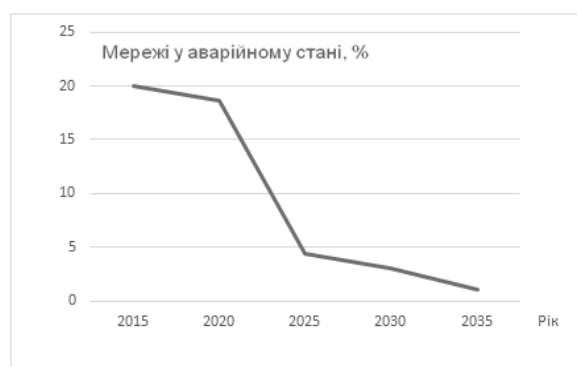


Рисунок 2 – Максимальний відсоток розподільних електричних мереж України, що знаходяться в аварійному стані

У зв'язку з реформуванням енергетичного сектору України з'являються додаткові умови для створення стимулів ефективного інвестування та ефективного утримання і функціонування систем передачі та розподілу електричної енергії.

Висновки. Були розглянуті основні характеристики функціонування розподільних електричних мереж України, які показали, що незадовільний технічний стан сучасних електричних мереж значно знижує показники ефективності та надійності роботи розподільних електричних мереж та ОЕС України в цілому.

Для підвищення надійності функціонування розподільних електричних мереж необхідно для кожної з регіональних компаній розробити та запровадити низку організаційно-технічних заходів, які дозволять оновити структуру та конфігурацію мереж, а також сприятимуть розвитку інтелектуалізації електричних мереж.

Реалізація проектів з підвищення надійності функціонування розподільних електричних мереж потребує державного втручання та підтримки.

Список використаних джерел

1. Ахромкін А. О. Сучасні характеристики електричних мереж України: регіональний аспект / А. О. Ахромкін // Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2015. – № 6 (223). – С. 7-10.
2. Жаркин А. Ф. Решение задачи оптимального секционирования воздушных распределительных сетей в условиях нормирования показателей надежности / А. Ф. Жаркин, В. А. Попов, В. В. Ткаченко // Технічна електродинаміка. – 2013. – № 5. – С. 61-69.
3. Буйний Р. О. Застосування роз'єднувачів нового покоління у схемах автоматизованого секціонування розподільних мереж напругою 6–10 кВ / Р. О. Буйний, І. В. Діхтярук, В. В. Зорін // Технічна електродинаміка. – 2014. – № 3. – С. 70-75.
4. Попов В. А. Вопросы оценки уровня надежности воздушных линий 6,10 кВ в энергосистемах Украины / В. А. Попов, В. В. Ткаченко, Ю. Д. Манойло // Промэлектро. – 2010. – № 5. – С. 25-32.
5. Jegadeesan M. Optimal Sizing and Placement of Distributed Generation in Radial Distribution Feeder Using Analytical Approach / M. Jegadeesan, V. Keerthana // International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. – 2014. – Vol. 3. – P. 358–364.
6. Скрипник А. М. Програмна реалізація моделювання усталених і експлуатаційних режимів розподільних електричних мереж напругою 10 – 110 кВ / А. М. Скрипник, Б. Л. Голуб, Д. П. Кожан // Інформаційні технології в економіці і природокористуванні. – 2017. – № 2. – С. 76-85.
7. Raju, GK Viswanadha, and P.R. Bijwe. An efficient algorithm for minimum loss reconfiguration of distribution system based on sensitivity and heuristics // Power Systems, IEEE Transactions. – 2008. – P. 1280-1287.
8. Циганенко Б. В. Оптиміальна реконфігурація розподільної електричної мережі / Б. В. Циганенко // Технічна електродинаміка. – 2016. – № 5. – С. 55-57.
9. Яндутьський О. С. Моделювання і аналіз впливу сонячних електростанцій на режими роботи електричної мережі / О. С. Яндутьський, О. В. Хоменко, А. А. Марченко // Наукові праці ДонНТУ. Серія: "Електротехніка і енергетика. – 2013. – № 1 (14). – С. 324-329.
10. Ванько В. М. Проблеми контролю якості електроенергії в електричних мережах / В. М. Ванько, П. Г. Столярчук // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2001. – № 58. – С. 47-56.
11. Ванько В. М. Організація вимірювання, аналізу та поліпшення якості електроенергії в мережах [Основні методи контролю якості електроенергії в мережі] / В. М. Ванько // Вісник Національного університету "Львівська політехніка" "Теплоенергетика. Інженерія докілья. Автоматизація". – 2009. – 659. – С. 101-108.
12. Темербаева С. А. Анализ качества электроэнергии в городских распределительных сетях 0,4 кВ / С. А. Темербаева, Н. П. Боярская, В. П. Довгуна, В. О. Колмаков // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. – 2013. – № 1 (6). – С. 107-120.
13. План розвитку системи передачі на 2019-2028 роки // Офіційний сайт Міністерства енергетики та вугільної промисловості України – Режим доступу: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/officialcategory?cat_id=244972812.
14. Циганенко Б. В. Перспективи переведення розподільних мереж України на номінальну напругу 20 кВ [Електронний ресурс] / Б. В. Циганенко // Наукові праці ВНТУ. Енергетика та електротехніка. – 2016. – № 1. – С. 1-4. Режим доступу: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/464/462>.
15. Енергетична стратегія України на період до 2035 року "Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність". Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18.08.2017 р. № 605-р. Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80>.

Анотація

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Бондаренко Р. В., Довгалюк О. Н., Омеляненко Г. В., Пиротти А. Е., Сыромьятникова Т. В.

Рассмотрены основные характеристики и перспективы развития распределительных электрических сетей Украины, выявлены пути повышения эффективности и надежности их функционирования.

Abstract

IMPROVING THE RELIABILITY OF DISTRIBUTION ELECTRICAL NETWORKS

R. Bondarenko, O. Dovgalyuk, G. Omelyanenko, A. Pirotti, T. Syromyatnikova

The main characteristics and prospects for the development of distribution electric grids of Ukraine have been considered, ways to improve the efficiency and reliability of their operation have been identified.