

ПІДВИЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ОКРЕМОГО ФІДЕРА ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ

Вінницький національний технічний університет;

Анотація

У цій роботі проведено дослідження задачі визначення оптимальної кількості та розташування реклоузерів з метою підвищення показників надійності електричних розподільних мереж при різних конфігураціях мережі. Розрахунки були проведені на стандартній IEEE 33-шинній системі розподілу.

Ключові слова: електричні мережі, надійність, реклоузер.

Abstract

In this paper, a study of the problem of determining the optimal number and location of reclosers in order to increase the reliability of electrical distribution networks with various network configurations was carried out. Calculations were performed on a standard IEEE 33-bus distribution system.

Keywords: electrical networks, reliability, recloser.

Вступ

В сучасній електричній системі надійність та ефективність є важливими аспектами для забезпечення безперебійного живлення споживачів. Одним із важливих завдань є оптимізація реконфігурації електричних мереж з метою мінімізації втрат потужності та підвищення надійності системи. В даній роботі досліджується задача визначення кількості та оптимальних місць розташування реклоузерів для підвищення показників надійності розподільних мереж.

Результати дослідження

Задачу реконфігурації окремого фідера переважно формують у вигляді цільової функції [2]

$$\min \Delta P, \quad (1)$$

при обмеженнях: $U_{\min} \leq U \leq U_{\max}$

$$I \leq I_{\max} . \quad (2)$$

$$\sum_{i,j}^n a_{ij} = n - n_S . \quad (3)$$

де a_{ij} – двійкова змінна, що представляє статус лінії (0 – розімкнута, 1 – замкнута); n - кількість вузлів електричної системи включаючи вузли живлення; n_S – кількість вузлів живлення. У термінах теорії графів, для системи з одним джерелом ($n_S = 1$) ми говоримо про оптимальне дерево, а для системи з декількома джерелами ($n_S > 1$) ми говоримо про оптимальний ліс з кількістю дерев), рівною кількості джерел.

На першому етапі виконується оптимізація фідера за втратами потужності, оскільки показники надійності змінюються незначно. Граф стандартної IEEE 33-шинної системи розподілу зображено на рис. 1. Для автоматичного визначення структури дерева фідера використано матрицю контурів. Спочатку визначають втрати потужності для початкового дерева (хорди 33-37 розімкнуті), а потім – для дерев, які утворені після замикання однієї з хорд і розмикання однієї з віток початкового дерева. Вибирається таке перемикання, яке забезпечує найменше значення втрат [2].

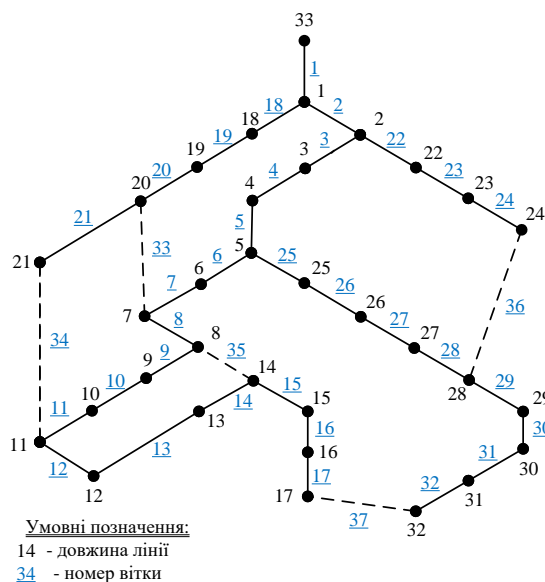


Рис. 1. Залежність густини бутану і пропану д температури

Для даної тестової мережі оптимальна послідовність перемикачів, що забезпечує найменші значення втрат, така [2]:

- 1) {33, 34, 35, 36, 37} – 202,1 кВт;
- 2) {33, 11, 35, 36, 37} – 156,3 кВт;
- 3) {7, 11, 35, 36, 37} – 144,1 кВт;
- 4) {7, 11, 35, 36, 32} – 142,4 кВт;
- 5) {7, 11, 14, 36, 32} – 140,8 кВт;
- 6) {7, 10, 14, 36, 32} – 139,9 кВт;
- 7) {7, 9, 14, 36, 32} – 139,2 кВт.

На другому етапі вибирається місце встановлення реклоузерів в розімкнутій мережі. Середня частота відмов приймається рівною 0,18 відмов/рік-км [3]. Тривалість відновлення прийнято 270 хв. Кількість споживачів вибрано пропорційним номінальній потужності.

Для даної тестової схеми після її оптимального за втратами потужності розмикання віток {7, 9, 14, 32, 36} (рис. 2) значення $SAIDI=1181$ хв./спож.; $ENS=73,1$ тис. кВт·год.

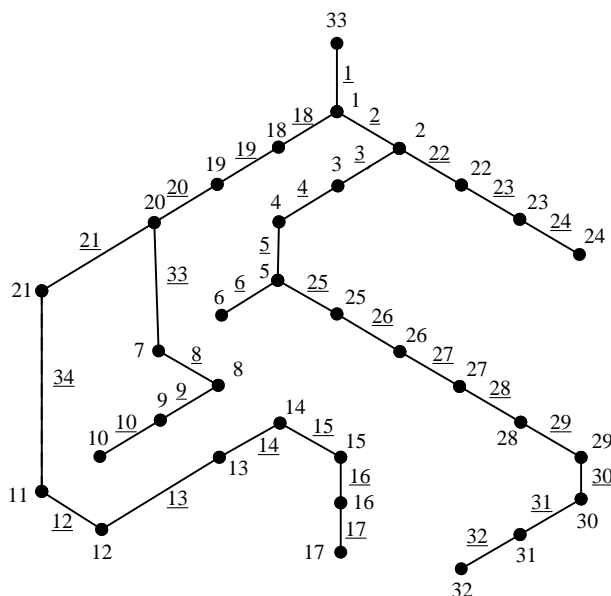


Рис. 3. Стандартна IEEE 33-шинна система розподілу після розмикання віток {7, 11, 35, 36, 32}

Оптимальним місцем встановлення одного реклоузера для секціонування фідера є вітка 18, яка знаходиться на другому відгалуженні. Тоді отримують такі значення: $SAIDI=805$ хв./спож.; $ENS=49,9$ тис. кВт·год.

Оптимальним місцем встановлення одного реклоузера для секціонування фідера та одного (розімкнутого) реклоузера для живлення від сусіднього фідера є вітка 2, яка знаходиться на першому відгалуженні. Тоді отримують такі значення: $SAIDI=593$ хв./спож.; $ENS=36,7$ тис. кВт·год. Альтернативною на другому відгалуженні є вітка 18: $SAIDI=595$ хв./спож.; $ENS=36,8$ тис. кВт·год.

Оптимальним місцем встановлення двох реклоузерів на різних відгалуженнях для їх секціонування є вітки 18 і 4. Значення $SAIDI=475$ хв./спож.; $ENS=24,4$ тис. кВт·год.

Для даної тестової схеми найкращим за надійністю є розмикання віток {7, 11, 35, 36, 37} (рис. 3): $SAIDI=1137$ хв./спож.; $ENS=70,4$ тис. кВт·год.

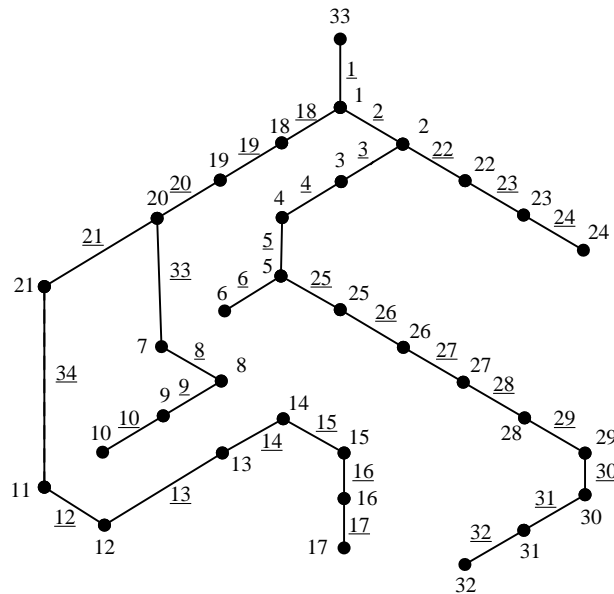


Рис. 3. Стандартна IEEE 33-шинна система розподілу після розмикання віток {7, 11, 35, 36, 37}

Оптимальним місцем встановлення одного реклоузера для секціонування фідера є вітка 19, яка знаходиться на другому відгалуженні. Тоді отримують такі значення: $SAIDI=716$ хв./спож.; $ENS=46,9$ тис. кВт·год.

Оптимальним місцем встановлення одного реклоузера для секціонування фідера та одного (розімкнутого) реклоузера для живлення від сусіднього фідера (р) є вітка 17: $SAIDI=567$ хв./спож.; $ENS=35,1$ тис. кВт·год.

Оптимальним місцем встановлення двох реклоузерів на різних відгалуженнях для їх секціонування є вітки 19 і 4. Значення $SAIDI=454$ хв./спож.; $ENS=28,1$ тис. кВт·год.

В табл. 2 наведені результати розрахунків $SAIDI$ та ENS у разі встановлення реклоузерів для секціонування стандартної IEEE 33-шинної системи розподілу.

Наведені результати розрахунків $SAIDI$ та ENS для розімкнутих віток {7, 11, 35, 36, 37} в цілому кращі порівняно з оптимальним за втратами варіантом.

Таблиця 2 – Розрахункові значення $SAIDI$ та ENS для секціонованої реклоузерами IEEE 33-шинної системи розподілу

Розімкнуті вітки	Кількість реклоузерів	-	1с	1с+1р	2с
{7, 9, 14, 36, 32}	$SAIDI$, хв./спож.	1181	805	593	475
	ENS , тис. кВт·год	73,1	49,9	36,7	24,4
{7, 11, 35, 36, 37}	$SAIDI$, хв./спож.	1137	716	567	454
	ENS , тис. кВт·год	70,4	46,9	35,1	22,8

Таким чином, найкращим у даному випадку є використання двох реклоузерів для секціонування на двох відгалуженнях за розімкнутих віток {7, 11, 35, 36, 37}.

Висновки

У даній роботі було проведено дослідження щодо оптимального розміщення реклоузерів у електричних розподільних мережах з метою підвищення показників надійності електропостачання. Аналіз показав, що ефективне розташування реклоузерів дозволяє зменшити час відновлення та кількість знеструмлених споживачів при аваріях. Результати показали, що встановлення двох лінійних реклоузерів забезпечить суттєве зменшення показника *SAIDI* з 1137 до 454 хв./спож.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. M. E. Baran, F. F. Wu, «Network reconfiguration in distribution systems for loss reduction and load balancing,» *IEEE Trans. Power Deliv.* 1989, 4, 1401–1407.
2. М. Й. Бурбело, Ю. В. Лобода, Р. О. Слободян, «Вибір оптимальної конфігурації розподільних електричних мереж,» *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 6, с. 23-29, 2023.
3. S. Lei, J. Wang, and Y. Hou, «Remote-Controlled Switch Allocation Enabling Prompt Restoration of Distribution Systems,» *IEEE*, 2017.
4. Бурбело, М. Й., Лобода, Ю. В., Слободян, Р. О., & Слободян, А. Р. (2022). Матричний метод визначення показників надійності розгалужених розподільних електричних мереж. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, (3), 17-23.
5. Бурбело, М. Й., Лобода, Ю. В., & Слободян, Р. О. (2022). Алгоритм визначення місць встановлення реклоузерів в розгалужених розподільних електричних мережах. *Збірник наукових праць 16-ої міжнародної конференції КУСС-2022*, Вінниця, 15-17 листопада 2022 р.

Бурбело Михайло Йосипович – д.т.н., професор, завідувач кафедри ЕСЕЕМ, e-mail: burbelomj@gmail.com;

Лобода Юрій Васильович – Ph. D., старший викладач кафедри ЕСЕЕМ, e-mail: lobodaeseem@gmail.com;

Слободян Руслан Олександрович – аспірант кафедри ЕСЕЕМ, ruslan.slobodyan@gmail.com.

Burbelo Michailo Josephovich - Doctor of Technical Sciences, Professor of Department of Electrical Systems of Power and Energy Management, e-mail: burbelomj@gmail.com;

Loboda Yuriy Vasylovych – Ph. D., senior lecturer of the department, e-mail: lobodaeseem@gmail.com;

Slobodian Ruslan Oleksandrovych – State Inspectorate of Energy Supervision, e-mail: ruslan.slobodyan@gmail.com.