

П. Д. Лежнюк*, д. т. н., проф., В. О. Комар*, к. т. н., доц., А. Л. Поліщук**

*Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

**Вінницькі міські електричні мережі, м. Вінниця

ОЦІНКА ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ РОЗПОДІЛЬНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ ЗА КРИТЕРІАЛЬНОЮ МОДЕЛЛЮ

В статті проілюстровано використання критеріальної моделі якості функціонування радіальної розподільної мережі для оцінки можливих варіантів живлення споживачів під час відновлення її головної ділянки.

Ключові слова: розподільні мережі, якість функціонування, надійність електропостачання, якість електроенергії, марковські процеси, критеріальне моделювання.

Вступ

Однією з умов економічного розвитку країни є стабільне, якісне постачання електроенергією населення і промисловості. Нажаль стан електроенергетики після тривалого періоду недостатнього інвестування характеризується серйозним зносом як генерувального, так і мережевого обладнання [1]. Крім цього останнім часом активізувався процес переходу на електроопалення [2], що призводить до більш інтенсивного зношування розподільних електричних мереж, особливо міських. Тому для забезпечення відповідного рівня електропостачання необхідними є реконструкція та відновлення розподільних електричних мереж.

Через обмеженість ресурсів електропостачальних компаній постає задача раціонального розподілу коштів з метою вибору пріоритетних ділянок реконструкції й відновлення обладнання. Прийняття рішень про заходи, що фінансуються, повинно базуватись на даних про якість функціонування електромережевого господарства. Під якість функціонування розподільної електричної мережі розуміють сукупність властивостей, які визначають її здатність забезпечувати надійне постачання якісною електроенергією споживачів [3].

Значний об'єм роботи, який необхідно виконати для відновлення мережевого господарства, не можливо провести без обмеження електропостачання споживачів. Оскільки міські розподільні мережі в основному радіального типу, то необхідно передбачити варіанти додаткових точок живлення на випадок відключення від основної. Це можливо зробити завдяки певній функціональній надлишковості у структурі міських мереж. Розв'язати цю задачу можна оцінивши якість функціонування "сусідніх" фідерів на випадок живлення від них.

Метою цієї статті є побудова алгоритму оцінки додаткових варіантів живлення на основі їх порівняння за критерієм якості функціонування.

Критеріальна модель якості функціонування розподільної електричної мережі

У [3] запропоновано критеріальну модель, отриману під час поєднання теорії марковських процесів та критеріального методу. Загальний вигляд критеріальної моделі такий:

$$E = \sum_{i=1}^m P_i \prod_{j=1}^n x_{*j}^{v_{ji}}, \quad (1)$$

де P_i – критерій подібності, який у цьому випадку є ймовірністю перебування системи в стані i (складова, яка враховує надійність системи); $\prod_{j=1}^n x_{*j}^{v^{ji}}$ – показник ефективності стану i (складова, яка враховує якість електроенергії); x_{*j} – незалежні параметри, що характеризують основні властивості системи (імовірності відповідності показників якості електроенергії нормативним документам).

Для оцінки якості функціонування розподільної електричної мережі критеріальна модель матиме такий вид:

$$E = \sum_{i=1}^n P_i \cdot \frac{1}{P_i [A_{min} \leq A \leq A_{max}]^{v_{ii}}} \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n P_j [A_{min} \leq A \leq A_{max}]^{v^{ji}} - \sum_{i=n+1}^m P_i \prod_{j=1}^n P_j [A_{min} \leq A \leq A_{max}]^{v^{ji}}, \quad (2)$$

де m – загальна кількість можливих станів розподільної електричної мережі, $m=n+k$; n – кількість робочих станів; k – кількість неробочих станів; $P_j [A_{min} \leq A \leq A_{max}]$ – імовірність того, що показник якості електричної енергії A в допустимих межах при тому, що система перебуває в стані j ; A – значення показника якості електричної енергії; v^{ji} – елементи матриці переходів, які є алгебраїчними сумами інтенсивностей відмов λ та інтенсивностей відновлень μ .

Для визначення ймовірності передування системи в стані i P_i використовується теорія марковських процесів [4]. Їх недоліком є значна кількість можливих станів системи, що визначають як 2^r де r – кількість елементів системи. Використавши розроблені в [5] ієрархічні марковські мережі та в [6] формули для визначення інтенсивностей відмов та відновлень груп елементів, кількість станів можна значно зменшити. При цьому похибка незначна і методика може використовуватись для інженерних розрахунків. Загальний вигляд графу станів з врахуванням спрощень зображений на рис. 1.

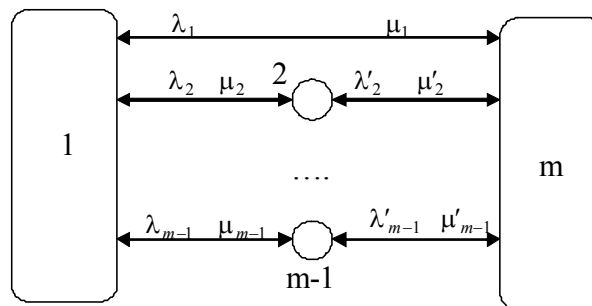


Рис. 1. Загальний вигляд графу станів розподільної мережі без врахування комутовального обладнання та релейного захисту

Для врахування якості електроенергії визначається імовірність відповідності ГОСТ 13109-97 відхилень напруги за методикою викладеною в [7].

Алгоритм оцінки варіантів живлення споживачів фідера зображений на рис. 2.

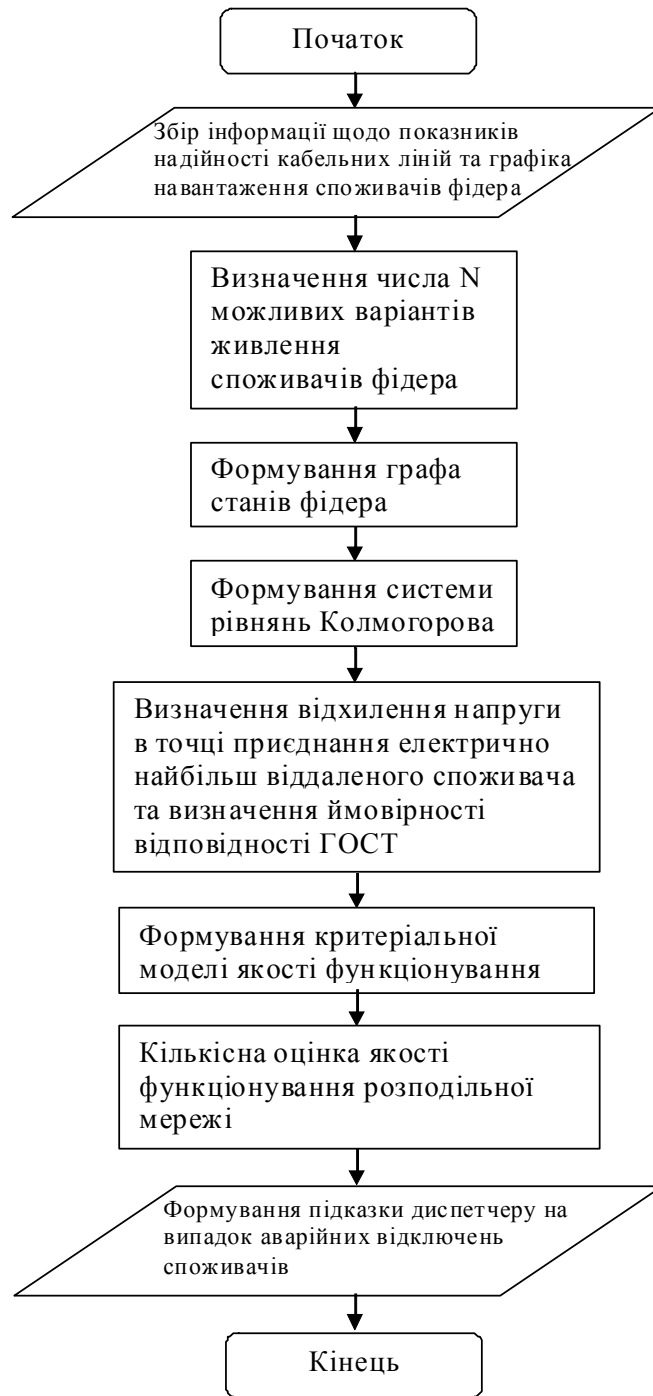


Рис. 2. Алгоритм оцінки варіантів живлення споживачів фідера

Оцінка варіантів живлення споживачів за критерієм якості функціонування

Для ілюстрації використаємо схему наведену на рис. 3. Оцінку якості цієї системи будемо проводити з урахуванням відхилення напруги у вузлі живлення найбільш електрично віддаленого споживача ТП 457.

**Фрагмент ПС 110/10 кВ
„Західна”**

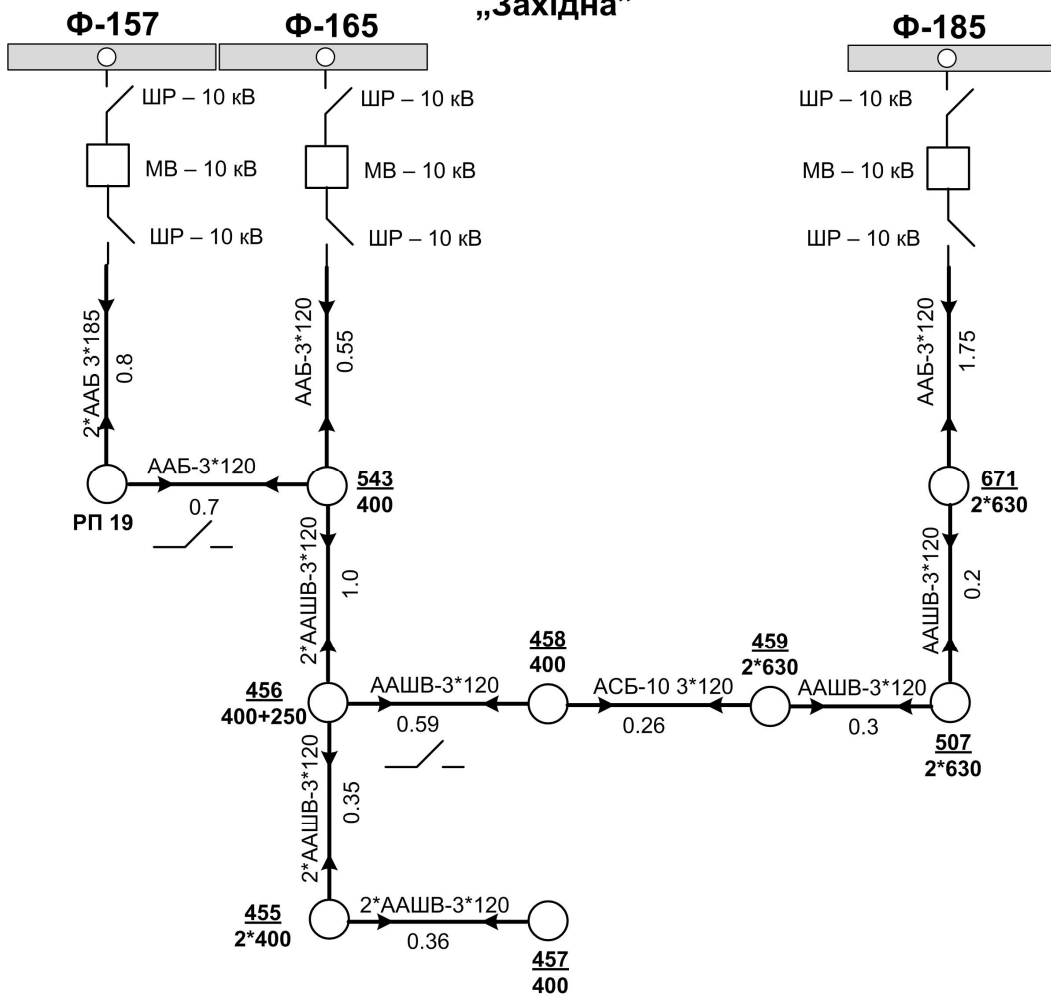


Рис. 3. Схема фідера 165 з можливими варіантами живлення від фідерів 157 та 185

Вихідні дані для розрахунку якості функціонування наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Вихідні дані

	λ (1/рік)	μ (1/рік)
Кабельна лінія	0,0122/км÷7/км	292

Під час виконання розрахунків не враховувалась надійність комутувального обладнання та релейного захисту. Також прийняте допущення про одночасну зміну питомого значення імовірності відмов λ для всіх ділянок мережі.

На рис. 4 наведені результати розрахунку якості функціонування без врахування якості електроенергії. Аналізуючи його можна зробити висновки про майже однаковий рівень надійності при живленні від фідера 157 (крива 1) та фідера 165 (крива 2) і дещо гірший при живленні від фідера 185 (крива 3).

За результатами розрахунку (див. рис. 5), проведеному з врахуванням якості електроенергії (відхилення напруги), видно значну залежність якості функціонування від якості електроенергії. В залежності від критерію якості функціонування черговість така: фідер 157 (крива 1); фідер 165 (крива 2); фідер 185 (крива 3).

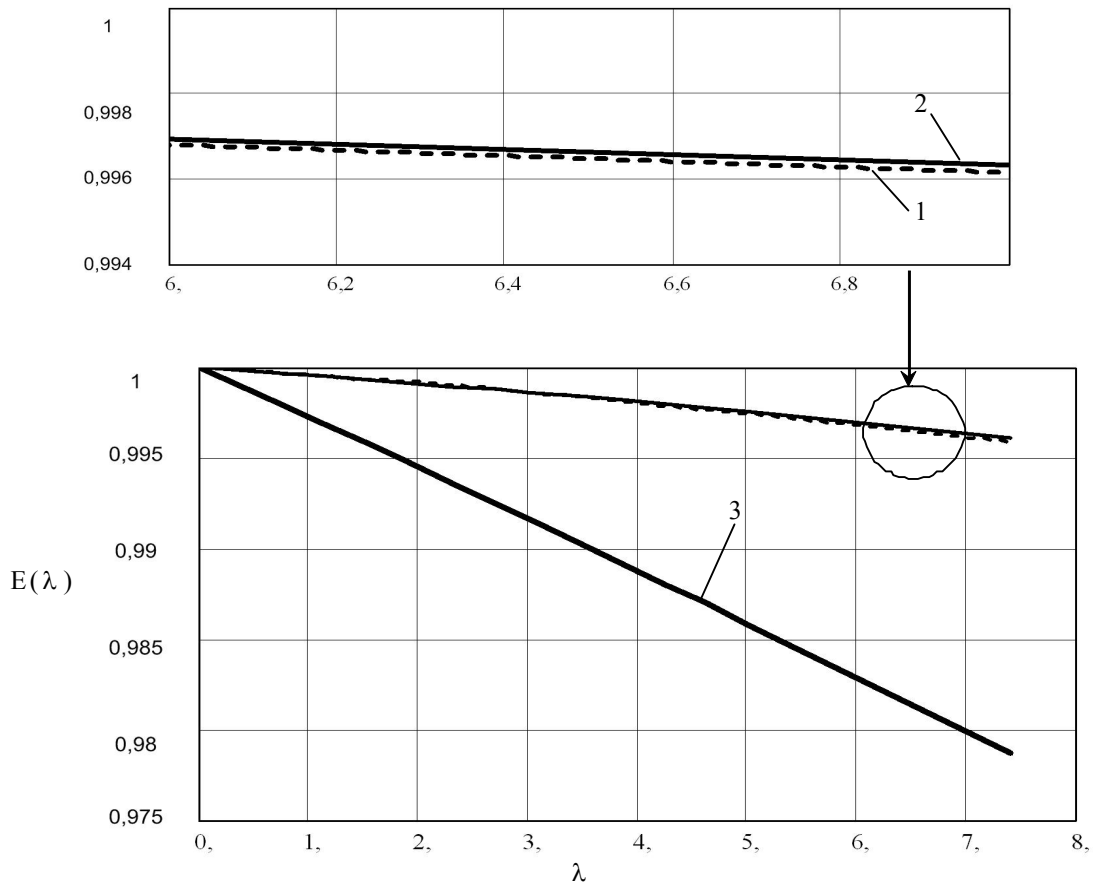


Рис. 4. Зміна якості функціонування різних варіантів живлення без врахування якості електроенергії

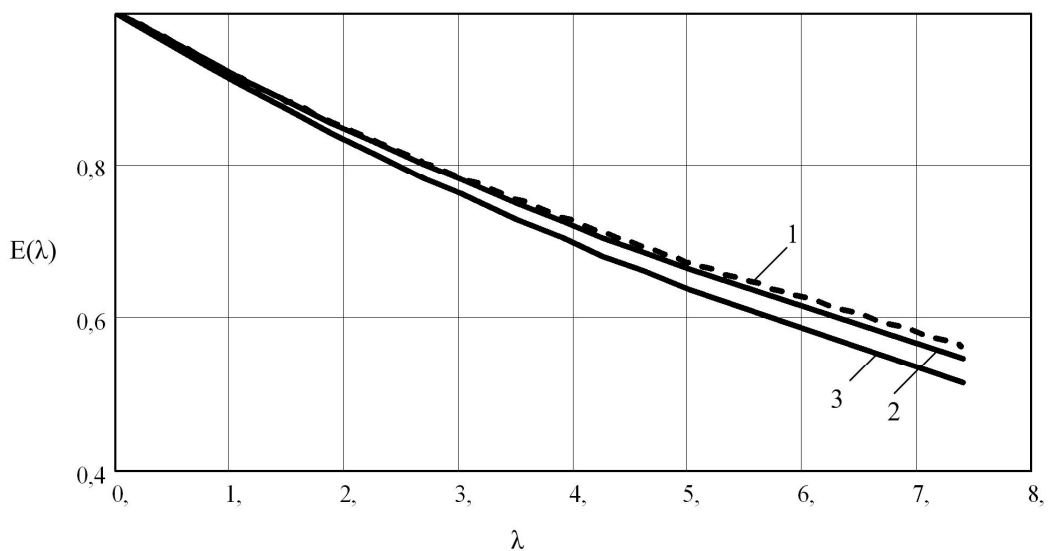


Рис. 5. Зміна якості функціонування різних варіантів живлення з врахування якості електроенергії

Висновки

Аналіз результатів розрахунку показав, що під час відновлювальних робіт на головній ділянці фідера 165 споживачів необхідно підключити до РП 19 фідера 157. Хоча при врахування реальної зміни показників надійності розглянутих фідерів на перший план може вийти і фідер 185.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Надійне та безпечне електропостачання, розвиток електромереж – під контролем Держенергонагляду [Електронний ресурс] 12 липня 2007. Режим доступу: http://www.ukrenergo.energy.gov.ua/ukrenergo/control/uk/publish/article?art_id=54905&cat_id=35981
2. Ключко В. П. К вопросу о разработке схем развития распределительных электрических сетей энергоснабжающих компаний / В. П. Ключко // Новини енергетики. – 2008. – № 6. – С. 28 – 33.
3. Критерій оцінки якості функціонування розподільних мереж [Електронний ресурс] / Лежнюк П. Д., Комар В. О., Кравцов К. І. // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – № 3. – 2008. Режим доступу до журн.: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VNTU/2008-3.files/uk/08pdlodn_ua.pdf
4. Аналіз якості функціонування складних систем за допомогою критеріальних моделей [Електронний ресурс] / Комар В. О., Тептя В. В. // Наукові праці ВНТУ. – 2007. – №1. Режим доступу до журн.: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VNTU/2007-1/ukr/07kvoocm.pdf>
5. Distribution System Reliability Assessment Using Hierarchical Markov Modeling / Brown R. E., Gupta S., Christie R. D., Venkata S. S., Fletcher R. // IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 11, № 4, October 1996. – P. 1929 – 1934.
6. Биллингтон Р. Оценка надежности электроэнергетических систем / Биллингтон Р., Аллам Р.; пер. с англ. В. А. Туфанова; под ред. Ю. А. Фокина. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 288 с.
7. Кількісна оцінка якості функціонування розподільної електричної мережі за допомогою критеріальної моделі [Електронний ресурс] / Лежнюк П. Д., Лагутін В. М., Комар В. О. // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – № 4. – 2008. Режим доступу до журн.: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VNTU/2008-4.files/uk/08pdlhcm_ua.pdf