

УДК 621.311.1.018.3

В. В. Назаров, д. т. н., проф.; В. О. Комар, к. т. н., доц.; Т. Є. Магас, к. т. н., доц.

ОЦІНКА ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ З ВИКОРИСТАННЯМ КРИТЕРІАЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

В статті проілюстровано використання критеріальних моделей з метою визначення критерію якості функціонування 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 забезпечення електроенергією населення і промисловості. Стан електроенергетики після тривалого періоду недостатнього інвестування характеризується серйозним зносом як генерувального, так і мережевого обладнання [1]. Наслідком зношеності обладнання є зниження якості електропостачання. Особливо ускладнюється стан тих електричних мереж, в яких спостерігається зростання електроспоживання, наприклад, через активізацію процесу переходу на електроопалення [2]. Тому для забезпечення відповідного рівня електропостачання необхідними є реконструкція електричних мереж та відновлення електрообладнання.

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

Значний обсяг роботи, який необхідно виконати для відновлення мережевого господарства, не можливо провести без обмеження електропостачання споживачів. Оскільки 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 мереж. Розв'язати цю задачу можливо, 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 на основі 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, які характеризують основні властивості системи (імовірності відповідності показників якості електроенергії нормативним документам).

Для оцінки якості функціонування розподільної електричної мережі критеріальна модель матиме такий вид [3]:

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

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 перебування системи в стані i P_i використовується теорія марковських процесів [4]. Їхнім 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. На рис. 1 зображено загальний вигляд графа станів з врахуванням спрощень.

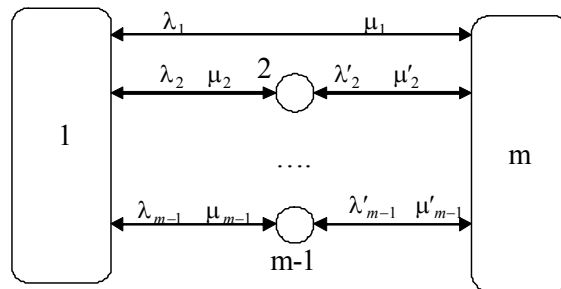


Рис. 1. Загальний вигляд графа станів розподільної мережі без врахування комутаційного обладнання та пристроїв релейного захисту

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

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

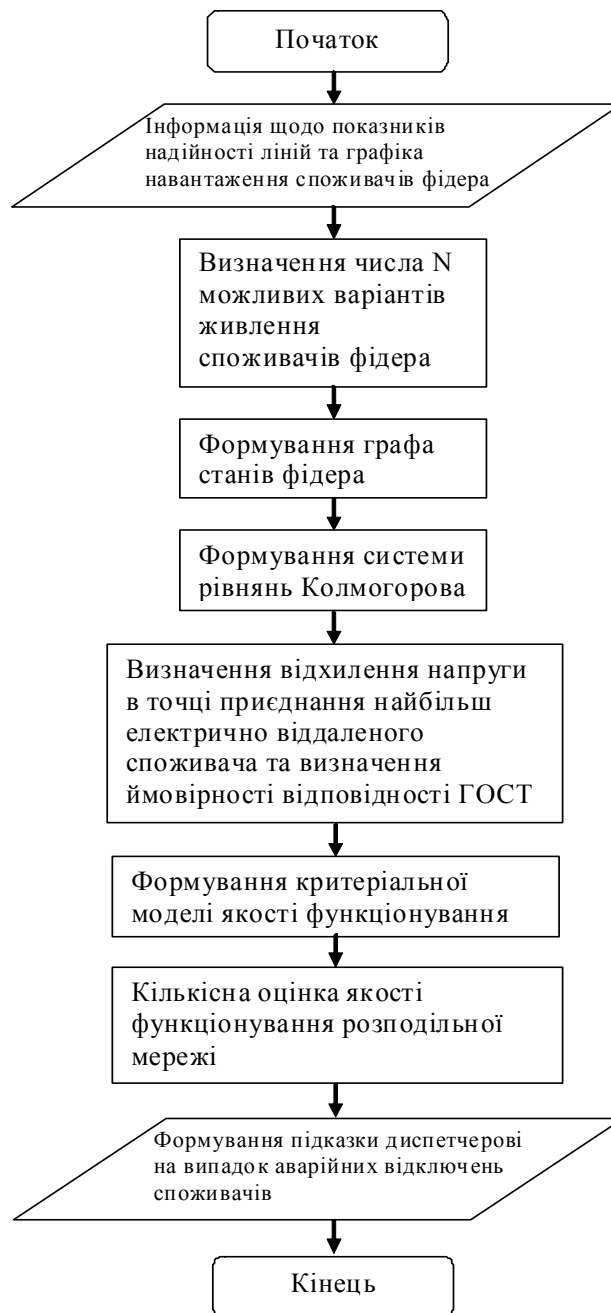


Рис. 2. Алгоритм оцінки варіантів живлення споживачів фідера

Оцінка варіантів живлення споживачів за критерієм якості функціонування

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

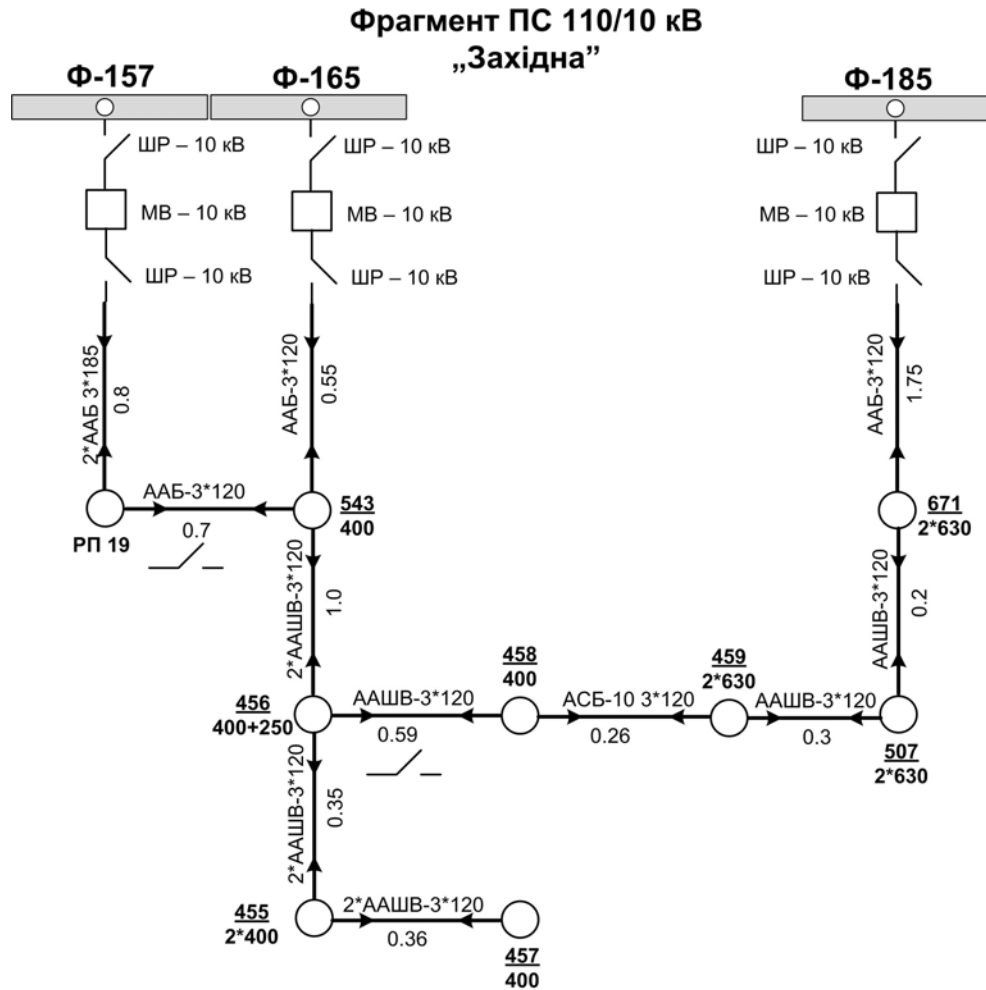


Рис. 3. Схема фідера 165 з можливими варіантами живлення від фідерів 157 та 185

Вихідні дані для розрахунку якості функціонування наведено 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 наведено результати розрахунку якості функціонування без врахування якості електроенергії. Аналізуючи його можна зробити висновки про рівень надійності при живленні від фідера 165 (крива 1) та фідера 157 (крива 2) і дещо гірший при живленні від фідера 185 (крива 3).

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

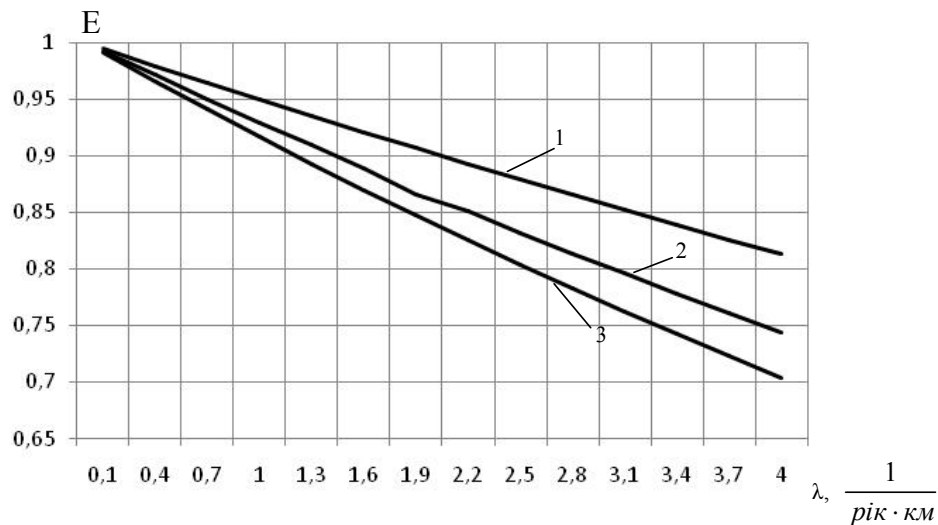


Рис. 4. Зміна якості функціонування різних варіантів живлення без врахування якості електроенергії

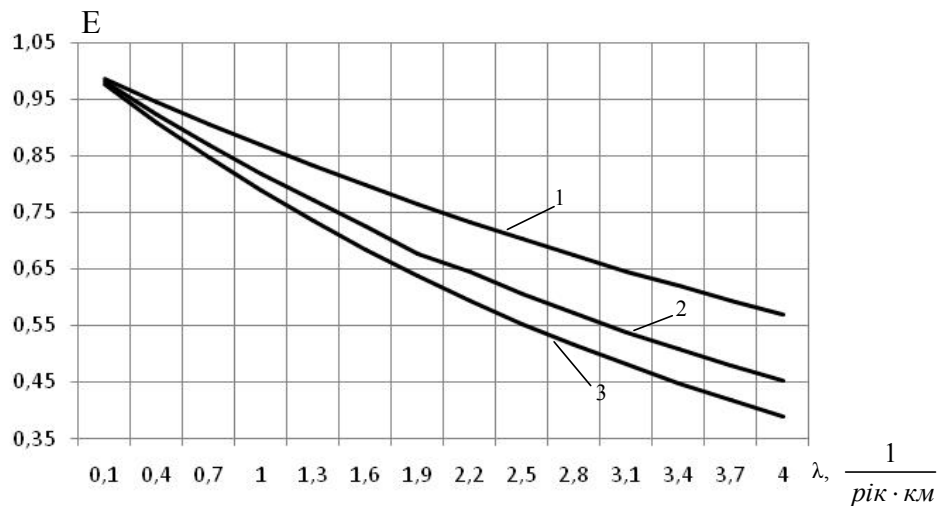


Рис. 5. Зміна якості функціонування різних варіантів живлення з врахування якості електроенергії

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

Висновки

Отримана критеріальна модель дозволяє кількісно оцінити якість функціонування розподільної електричної мережі. Оцінка виконується по відношенню до "ідеальної" системи, тому порівняння різних варіантів систем електропостачання можна виконувати без визначення техніко-економічних показників. За отриманими результатами можна виконати розробку поетапного плану реконструкції розподільних електричних мереж, яка є необхідною для переходу на електроопалення.

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

Назаров Володимир Володимирович – д. т. н., професор.
"Хмельницькобленерго".

Комар В'ячеслав Олександрович – к. т. н., доцент кафедри електричних станцій і систем.
Вінницький національний технічний університет.

Магас Тарас Євстахович – к. т. н., доцент кафедри інформаційних технологій в менеджменті.
Вінницький національний аграрний університет.