

## УЗАГАЛЬНЕНА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РЕКОНСТРУКЦІЇ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

© Комар В.О., Поліщук А.Л., 2010

Наведено алгоритм оцінювання результатів реконструкції розподільних електричних мереж, яка ґрунтується на використанні критеріальної моделі якості функціонування, що об'єднує надійність та якість електропостачання.

*Ключові слова:* розподільні електричні мережі, якість функціонування, надійність електропостачання, якість електроенергії.

The algorithm of estimation of electrical distribution networks reconstruction results, which is substantiated on using criterial model of function quality, is shown in the article. This model combines the efficiency and supply quality.

*Keywords:* distributive electric network, quality of functioning, reliability of power supply, quality of electric power.

### Вступ

Незадовільний стан розподільних електричних мереж, який відзначається в [1], істотно не покращився за останні роки. Однією з основних причин цього – недостатнє фінансування. Очевидно, що наявні обмежені кошти мають бути використанні передусім на відновлення елементів, які призведуть до максимального підвищення якості функціонування розподільних електричних мереж. Для аналізу можливих дій з реконструкції електричної мережі необхідно виконати узагальнену техніко-економічну оцінку, яка б відображала якість її функціонування в цілому.

### Мета статті

Метою статті є розроблення методики узагальненої техніко-економічного оцінювання ефективності реконструкції розподільних електричних мереж. Оцінюють на основі аналізу реального стану розподільної електричної мережі, її робочої та ремонтної схем (щодо відновлюваного елемента), середніх потужностей споживачів протягом року.

### Постановка завдання

Як приклад, розглянемо мережу, схема якої показана на рис. 1. Мережа розбита на фідери за критерієм мінімуму втрат електричної енергії та максимуму якості функціонування. Необхідно оцінити доцільність робіт з відновлення ліній електропередач.

Інформація щодо інтенсивності відмов ділянок мережі (рис. 1) показана на рис. 2. Планується виконати відновлення найненадійніших ділянок: 16-15(12); 14-17(13); 4-11(14); 12-17(15); 6-16(16).

Остаточний висновок щодо реконструкції мережі пропонується робити, використовуючи загальну оцінку, яка дозволяє інтегрувати інформацію про втрати активної енергії, надійність та якість електропостачання. Оскільки, ці складові повною мірою характеризують якість функціонування розподільних електричних мереж.

Оцінювання ефективності реконструкції мережі необхідно будувати, враховуючи зміни якості функціонування щодо всіх споживачів з врахуванням їх особливостей (вимог до надійності і якості електропостачання).

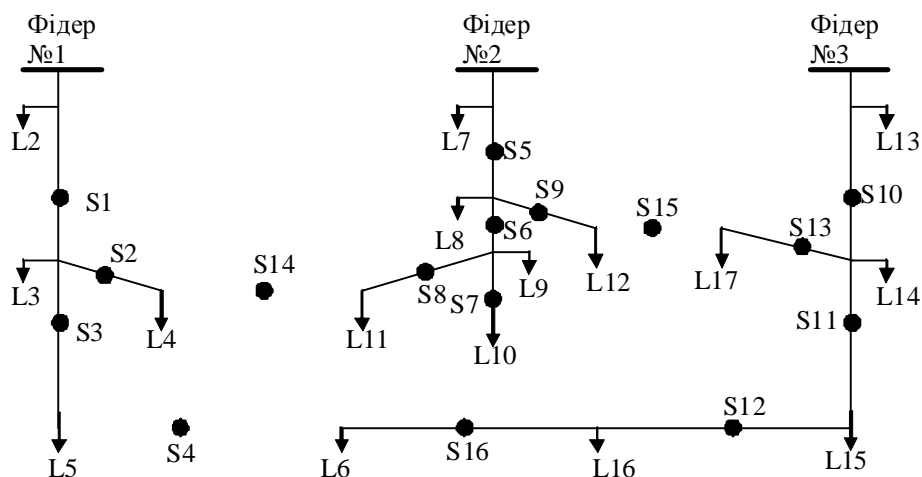


Рис. 1. Схема досліджуваної мережі



Рис. 2. Зміна інтенсивності відмов ділянок ЛЕП

Отже, необхідно розробити порядок використання показника якості функціонування електричної мережі для оцінки ефективності відновлювальних робіт.

### Якість функціонування розподільної електричної мережі

У [2] запропоновано критеріальну модель, отриману поєднанням теорії марковських процесів та критеріального методу [3]. 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 разі 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 вигляд:

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

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

де  $n$  – кількість робочих станів;  $m$  – загальна кількість 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  $j$ ;  $v^{ji}$  – елементи матриці переходів, які є алгебраїчними сумами інтенсивностей відмов  $\lambda$  та інтенсивностей відновлень  $\mu$ .

За критеріальною моделлю (2) можна оцінити якість функціонування мережі по відношенню до кожного з вузлів навантаження.

Під час практичних розрахунків якості функціонування  $E$  істотним є вирішення питання щодо тих показників якості електричної енергії, які повинні й можуть бути враховані у (2). Так, на частоту в системі окремий споживач і розподільна мережа вплинути не може, тому показники якості частоти можна виключити з розгляду. Імовірність відхилення напруги визначається режимами роботи споживачів, які мають імовірнісний характер. Тому врахування цього показника під час визначення якості функціонування розподільної електричної мережі є обов'язковим.

Для визначення імовірності відповідності відхилень напруги ГОСТ  $P_j [V_{\min} \leq V \leq V_{\max}]$  необхідно побудувати залежність  $V_{II}(t)$  [4]. Графік зміни відхилень напруги можна побудувати за таким співвідношенням:

$$V_{II} = \frac{U_{*II} U_{\delta} - U_n}{U_n},$$
(3)

де  $U_n$  – номінальна напруга мережі, яка розглядається;  $U_{\delta}$  – базове значення напруги;  $U_{*II}$  – відносне значення напруги пункту споживання, визначене за кривою  $U_{*II} = f(S)$ .

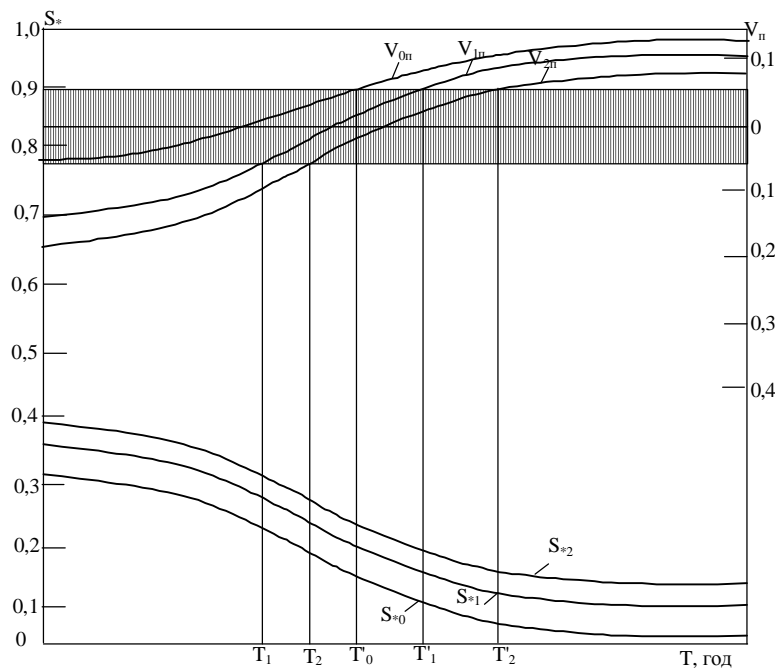


Рис. 3. Залежність відхилень напруги в часі від графіка навантаження

Для кожного з станів повинен бути побудований графік  $V_{iII}(t)$  (рис. 3). На цьому ж рисунку показана область допустимих значень відхилення напруги в місці приєднання навантаження (заштрихована смуга). Ділянки кривих  $V_{iII}(t)$ , які знаходяться в межах допустимих відхилень, є ділянками ефективними, з огляду на забезпечення режиму напруги. Тоді

$$P[V_{\min} \leq V \leq V_{\max}] = \frac{T_e}{T}, \quad (4)$$

де  $T_e$  – проміжок часу, протягом якого дотримується умова  $V_{\min} \leq V \leq V_{\max}$ ;  $T$  – число годин роботи системи електропостачання протягом року.

За отриманим показником якості функціонування можна визначити об'єм електричної енергії, який споживач недоотримає або якість її буде низькою:

$$\bar{W} = (1 - E) \cdot W. \quad (5)$$

Оскільки витрати на покриття збитку від неякісної електричної енергії і її недовідпуску різні (див. Закон України про електроенергетику стаття 27), то постає задача виділення із загального об'єму електричної енергії визначеного за (5) цих складових.

Розв'язати її можна, аналізуючи критеріальну модель (2) з врахуванням якості електричної енергії  $E''$  та без неї  $E'$ . Відповідно до (5) об'єм недовідпущеної енергії буде визначатись так:

$$\bar{W}' = (1 - E') \cdot W, \quad (6)$$

а об'єм неякісної електричної енергії –

$$\bar{W}'' = (E' - E'') \cdot W. \quad (7)$$

#### Методика техніко-економічного оцінювання

Найбільший вплив на режим роботи споживача у вузлі 6 має відновлення ділянок 12 та 16. Оцінимо ефективність цих заходів. Для цього визначимо зміну втрат активної потужності протягом року за робочою та ремонтною схемою (див. рис. 4). Відповідно до рис. 4 відновлювальні роботи на зазначених ділянках необхідно виконувати в періоди найменших навантажень.

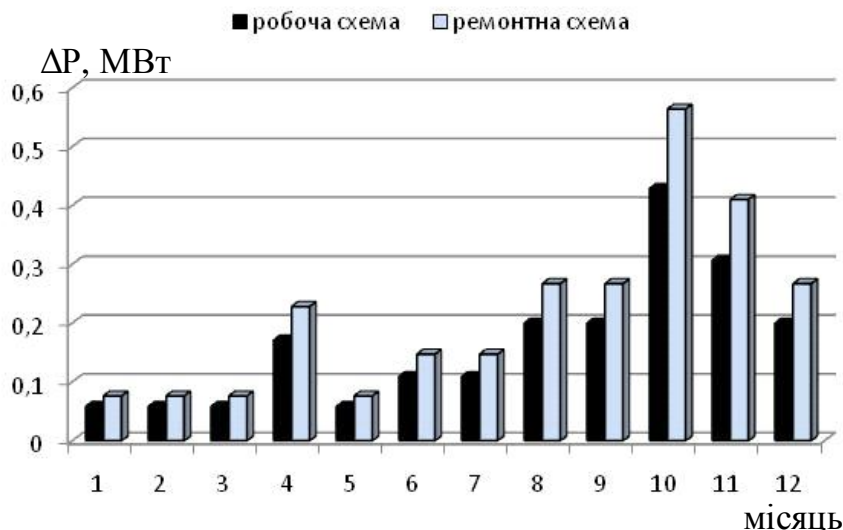


Рис. 4. Зміна втрат активної потужності від навантаження вузла 6

Наступним кроком є оцінка якості функціонування розподільної електричної мережі по відношенню до вузла 6. Результати розрахунку, виконані за (5), ілюструються на рис. 5. Оскільки для узагальненого оцінювання необхідно повторити розрахунки для всіх вузлів, то вибирається найгірший варіант за якістю функціонування для кожного з вузлів. У межах статті розглядається вузол 6 тому подальші оцінки виконаємо для 10 та 11 місяців.

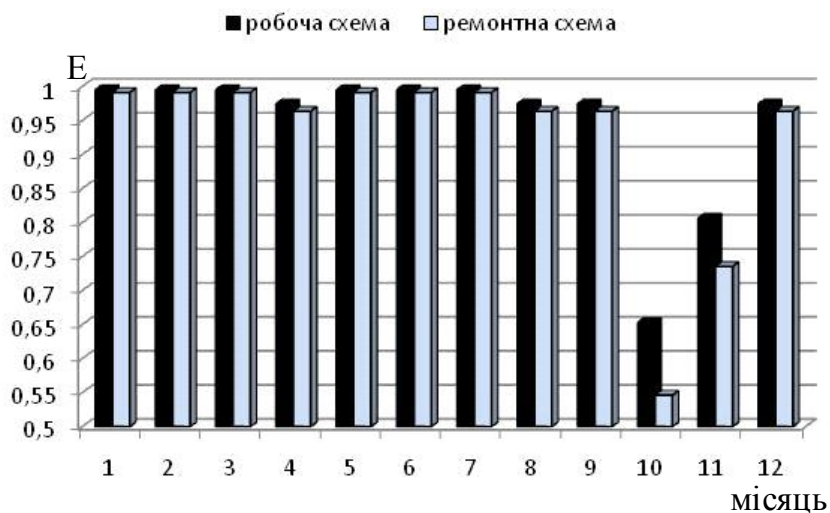


Рис. 5. Зміна якості функціонування розподільної електричної мережі по відношенню до вузла 6

Після проведення необхідного об'ягу відновлювальних робіт планується досягнути бажаного рівня надійності відповідних ліній електропередач (рис. 2). Зміна показника якості функціонування при цьому показана на рис. 6.

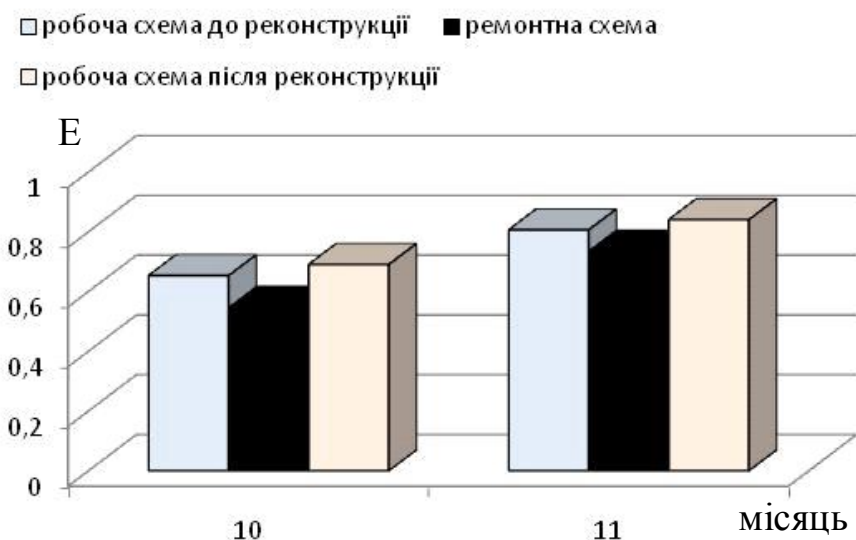


Рис. 6. Зміна показника якості функціонування з врахуванням надійності та якості електричної енергії

Отже, є вихідна інформація для виконання розрахунків величини всіх трьох складових узагальної техніко-економічної оцінки: надійності електропостачання, якості електричної енергії, втрати активної потужності.

Для виконання аналізу оцінок робочої схеми до реконструкції, ремонтної схеми та робочої схеми після реконструкції виконані відповідні розрахунки, що показано на рис. 7 для 10-го місяця (а) та для 11-го місяця (б). Для виконання розрахунків вартості втраченої, недовідпущеної та неякісної електричної енергії взяті на рівні середніх по галузі.

Аналіз отриманих результатів дозволяє констатувати, що на цьому етапі функціонування розглянутої електричної мережі по відношенню до вузла 6 реконструкція мережі не призведе до доволі істотного виграшу. А тому, якщо такий висновок можна зробити за рештою вузлів, наявні кошти потрібно використати на виконання інших заходів з підвищення якості функціонування, наприклад, для підвищення якості електричної енергії.

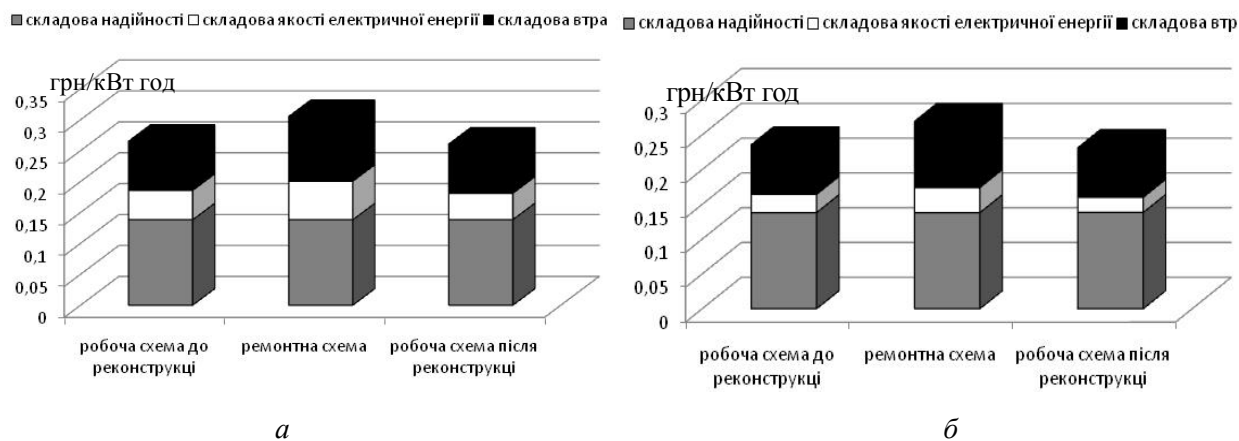


Рис. 7. Зміна узагальноної техніко-економічної оцінки

За величиною складових узагальноної техніко-економічної оцінки (рис. 7) можна виконувати планування заходів з подальшого покращання якості функціонування розподільних електричних мереж.

### Висновки

Використання критеріальної моделі якості функціонування розподільної електричної мережі дозволяє побудувати порівняно нескладний алгоритм техніко-економічної оцінки ефективності відновлювальних робіт. За цим алгоритмом можна оцінити реальний рівень якості функціонування та рівень після реконструкції. Порівнюючи затрати, можна зробити висновок щодо доцільності запланованих заходів.

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](http://www.ukrenergo.energy.gov.ua/ukrenergo/control/uk/publish/article?art_id=54905&cat_id=35981) 2. 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.nbuv.gov.ua/e-journals/VNTU/2008-4.files/uk/08pdlhct\\_ua.pdf](http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/VNTU/2008-4.files/uk/08pdlhct_ua.pdf). 3. Астахов Ю.Н., Лежнюк П.Д. Применение критеріального метода в електроенергетице. – К.: УМК ВО, 1989. – 140 с. 4. Оценка надёжности систем электроснабжения / Ю.А. Фокин, В.А. Туфанов. - М.: Энергоиздат, 1981. - 224 с.