

Lodz University of Technology
Institute of Electrical Power Engineering

Pryazovskyi State Technical University
Electrical Engineering Department

International Ukraine-Poland Seminar

Power quality in distribution networks with distributed generation

Kiev, July 4-5, 2019

**ВПЛИВ ОПТИМІЗАЦІЇ ПЕРЕРІЗІВ ПРОВОДІВ
ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ НА РЕГЛАМЕНТ РЕКОНСТРУКЦІЙ
РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ**

Черкашина В.В.

Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

Анотація: the article presents the results of studies on the influence of optimization of wires of air lines 35 - 110 kV on the rules of reconstruction of distribution electrical networks. The algorithmic basis for analyzing the influence of optimization of wires of air lines on reconstruction of distribution electric networks has been formed. It is substantiated that optimization of the wires of the air lines of 35 - 110 kV allows to adjust the terms of the reconstruction of distributive electric networks during designing.

1. ВСТУП

В розподільних електричних мережах (РЕМ) України застосовують нижчеперелічені перерізи проводів повітряних ліній (ПЛ):

- для ПЛ 110 кВ – 120 мм², 150 мм², 185 мм², 240 мм², 300 мм²;
- для ПЛ 35 кВ – 70 мм², 95 мм², 120 мм², 150 мм².

Таке різноманіття застосовуваних перерізів проводів пов'язано з тим, що в Україні протиставляється підвищенню витрат на будівництво ліній збільшення перерізу проводів зі зниженням витрат на компенсацію технологічних втрат активної потужності під час її розподілення по РЕМ. Але вказане різноманіття перерізів проводів приводить до збільшення інвестицій та неоднорідності розподільних мереж, що, в першу чергу, відображається на технологічних втратах активної потужності в результаті чого погіршується якість електричної енергії.

Враховуючи те, що Україна виконує експорт електроенергії в країни Євросоюзу, де застосовується значно менша кількість перерізів проводів, має сенс вдосконалити структуру ПЛ України за рахунок оптимізації перерізів проводів для економічно ефективного поєднання енергосистем країни з енергосистемами Євросоюзу, що доцільно передбачити під час проектування РЕМ.

Lodz University of Technology
Institute of Electrical Power EngineeringPryazovskyi State Technical University
Electrical Engineering Department

International Ukraine-Poland Seminar

Power quality in distribution networks with distributed generation

Kiev, July 4-5, 2019

2. ФОРМУВАННЯ АЛГОРИТМІЧНОЇ ОСНОВИ І АНАЛІЗУВАННЯ ВПЛИВУ ОПТИМІЗАЦІЇ ПЕРЕРІЗІВ ПРОВІДІВ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ НА РЕГЛАМЕНТ РЕКОНСТРУКЦІЙ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

Під час проектних робіт для аналізування впливу оптимізації перерізів проводів на регламент реконструкцій РЕМ визначаються економічно доцільні значення параметрів оптимізації [5]:

$$x_{j0} = x(R_a, A_i); \quad (1)$$

$$y_{j0} = e(R_a, A_i), \quad (2)$$

де A_i - узагальнені константи, що несуть певну вихідну інформацію;

R_a - критерії подібності, які залежать від вихідної інформації.

Інтерес представляє розгляд динамічного процесу в РЕМ, який пов'язано зі зміною оптимальних параметрів протягом часу. Вихідна інформація, що бере участь в (1) і (2) у вигляді узагальнених констант A_i , змінюється в часі. Якщо представити вихідну інформацію з урахуванням фактора часу, то вирази (1) і (2) матимуть вигляд [1, 5]:

$$x_{j0}(t) = \prod_{i=1}^{n+1} [A_i(t) / \pi_i(R_a)]^{\frac{\Delta_{ij}}{\Delta}} \quad (3)$$

$$y(x_0, t) = \prod_{i=1}^{n+1} [A_i(t) / \pi_i(R_a)]^{\frac{\Delta_i}{\Delta}} \quad (4)$$

Виділення узагальнених констант, які залежать від фактора часу (t) не передбачає введення нового параметра оптимізації у вихідну функцію мети, оскільки ставиться завдання визначення чутливості параметрів оптимізації з врахуванням їх зміни протягом часу. Це дозволить враховувати темпи зміни навантажень під час проектування ліній, тобто прогнозувати, якими повинні бути економічно доцільні параметри через певну кількість років. Для аналізу чутливості значення параметрів оптимізації функції x до зміни даних A_i з урахуванням фактора часу допустимо висловити відносні їх значення через відносні значення коефіцієнтів A_i [3]:

Lodz University of Technology
Institute of Electrical Power EngineeringPryazovskyi State Technical University
Electrical Engineering Department

International Ukraine-Poland Seminar

Power quality in distribution networks with distributed generation

Kiev, July 4-5, 2019

$$x_{j_0}^*(t) = \prod_{i=1}^{n+1} \left[\frac{A_i(t)}{\pi_i(R_a)} \right]^{\frac{\Delta_{ij}}{\Delta}} \quad (5)$$

$$y(x_0^*, t) = \prod_{i=1}^{n+1} \left[\frac{A_i(t)}{\pi_i(R_a)} \right]^{\frac{\Delta_i}{\Delta}} \quad (6)$$

де $A_i^*(t) = \frac{A_i(t)}{A_{i\delta}(t)}$; $\pi_i^*(R_a) = \pi_i(R_a) / \pi_{i\delta}(R_a)$.

Отримані вирази (5, 6) дозволяють простежити зміну доцільних значень параметрів, враховуючи їх змінювання протягом часу.

Обґрунтування рішення подібного роду залежить від застосовуваного методу, математичного апарату, а також від характеру і точності опису об'єкту [2 - 4].

Як інструмент досліджень в даній роботі застосовується критеріальний метод. Даний метод дозволяє обґрунтувати в умовних одиницях вплив перерізів проводів на регламент реконструкції, яка позначається на технічних показниках РЕМ [3, 4].

На відміну від інших методів, критеріальний метод являє собою цілий комплекс досліджень. Основні пункти якого: пошук економічно доцільних значень параметрів оптимізації, відповідних найменшим значенням функції мети як з технічними обмеженнями, так і без них; вплив економічної пропорційності досліджуваного об'єкта, що припускає визначення часток участі кожної складової цільової функції в оптимальному варіанті; дослідження стійкості цільової функції до зміни параметрів оптимізації; аналіз чутливості функції до зміни вихідної інформації [3].

Так як вихідна інформація про досліджуваний об'єкт використовується з певною похибкою розрахунків (δ), то під час аналізування об'єкту бажано знати, як впливає на функцію мети відхилення параметрів оптимізації від своїх економічно доцільних значень. Модель вважається стійкою, якщо відхилення її параметрів ведуть до незначних відхилень функції мети [3].

Для дослідження чутливості параметрів РЕМ до зміни інформації протягом часу цільова функція дисконтних витрат має вигляд [5]:

$$B = A_1 x_1 x_2^{-1} + A_2 x_1^2 x_2^{-2} + A_3 x_1^{-2} + A_4 x_2 \dots \quad (7)$$

Коефіцієнти $A_1 A_2$ (7) залежать від фактора часу в такий спосіб:

Lodz University of Technology
Institute of Electrical Power Engineering

Pryazovskyi State Technical University
Electrical Engineering Department

International Ukraine-Poland Seminar

Power quality in distribution networks with distributed generation

Kiev, July 4-5, 2019

$$A_1 = \frac{A_1'}{P}, \quad A_2 = \frac{A_2'}{P} \quad (8)$$

де P - функція зміни щільності навантаження.

Для аналізу терміну реконструкції РЕМ передбачення функції зміни щільності навантаження (P) під час проектування є необхідною умовою. Для виконання даної умови використовується закон зміни потужності в умовних одиницях [5]:

$$P_i = P_{0i} (1 + q_i)^t, \quad (9)$$

де q_i – зміна електричного навантаження;

P_{0i} – початкова щільність навантаження.

Використовуючи вираз (9), проводиться дослідження залежності закону зміни потужності в умовних одиницях для ПЛ 35-750 кВ (табл. 1)

Таблиця 1. Залежність відносного значення перерізу проводу від зміни навантаження ПЛ 35-750 кВ

| | | |
|----------------------|--------------|--------------|
| $U, \text{кВ}$ | 35 | 110 |
| $P_{0i} (1 + q_i)^t$ | $F_j^{0,91}$ | $F_j^{0,76}$ |

Вирази в табл. 1 показують, як залежить відносне значення перерізу проводу (F) від зміни навантаження ПЛ 35-750 кВ.

Якщо в якості базисного прийняти значення перерізу проводу, що припадає на перший рік будівництва та експлуатації ПЛ, то співвідношення має вигляд:

$$\frac{F_2}{F_0} = F \quad (10)$$

і представляє коефіцієнт формування параметричного ряду перерізів проводів [5].

Для аналізу терміну реконструкції РЕМ використовуються дві шкали перерізів проводів ПЛ 35 – 110 кВ з коефіцієнтами: $F_1 = 1, 4$ – коефіцієнт формування існуючої

Lodz University of Technology
Institute of Electrical Power EngineeringPryazovskyi State Technical University
Electrical Engineering Department

International Ukraine-Poland Seminar

Power quality in distribution networks with distributed generation

Kiev, July 4-5, 2019

шкали перерізів проводів; F_{2ij}^* – коефіцієнт формування пропонуємої шкали перерізів проводів i -го класу напруги та відповідної δ , від якої залежить F^* .

Також вводиться допущення, що темпи зміни навантажень для першого і другого варіанту однакові.

Тоді згідно виразів (9 - 10):

$$P(1+q)^{t_1} = F^*{}^n \quad (11)$$

та

$$P(1+q)^{t_2} = F^*{}^n. \quad (12)$$

Використовуючи залежності табл. 1 і вирази (11 - 12) визначаються залежності, які представлено в табл. 2.

Таблиця 2. Залежності зміни коефіцієнтів формування параметричного ряду перерізів проводів F_1^* і F_{2ij}^* від зміни темпів навантаження для ПЛ 35 – 110 кВ

| U , кВ | 35 | 110 |
|-------------------------|-----------------|-----------------|
| $P_{0i}^*(1+q_i)^{t_1}$ | $F_1^{0,91}$ | $F_1^{0,76}$ |
| $P_{0i}^*(1+q_i)^{t_2}$ | $F_{2j}^{0,91}$ | $F_{2j}^{0,76}$ |

За залежностями табл. 2 визначається термін реконструкції РЕМ, який обумовлено пропускнуою здатністю ПЛ 35 – 110 кВ і темпом навантаження (q). Вважаючи, що $P_{0i}^* = 1$, так як відноситься до початку експлуатації відповідної лінії, то термін реконструкції представляє залежності, які наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Термін реконструкції РЕМ з ПЛ 35 – 110 кВ

| U , кВ | 35 | 110 |
|----------|---------------------------------|---------------------------------|
| t_0 | $\frac{0,91 \lg F_j}{\lg(1+q)}$ | $\frac{0,76 \lg F_j}{\lg(1+q)}$ |

Lodz University of Technology
Institute of Electrical Power Engineering

Pryazovskyi State Technical University
Electrical Engineering Department

International Ukraine-Poland Seminar

Power quality in distribution networks with distributed generation

Kiev, July 4-5, 2019

Зі залежностей табл. 3 визначається інтервал від початку експлуатації до першої реконструкції ПЛ 35 – 110 кВ при відповідній похибці розрахунків (δ). Розрахунки представлено в табл. 4.

Таблиця 4. Термін реконструкції РЕМ в залежності від коефіцієнта формування параметричного ряду перерізів проводів ПЛ 35 – 110 кВ

| U , кВ | 35 кВ | | | 110 кВ | | |
|----------|---------|---------|------|---------|---------|------|
| | F_1^* | F_2^* | t | F_1^* | F_2^* | t |
| 3 | 1,4 | 1,33 | 0,85 | 1,4 | 1,33 | 0,85 |
| 5 | 1,4 | 1,55 | 1,3 | 1,4 | 1,55 | 1,3 |
| 7 | 1,4 | 1,78 | 1,71 | 1,4 | 1,78 | 1,71 |
| 9 | 1,4 | 2,03 | 2,1 | 1,4 | 2,03 | 2,1 |
| 10 | 1,4 | 2,16 | 2,3 | 1,4 | 2,2 | 2,34 |

З даних табл. 4 слідує, що оптимізація перерізів проводів подовжує термін експлуатації ПЛ 35-750 кВ до необхідної реконструкції вдвічі й, відповідно, зменшує періодичність реконструкцій РЕМ.

ВИСНОВОК

Аналіз впливу оптимізації перерізів проводів повітряних ліній 35 – 110 кВ на регламент реконструкцій розподільних електричних мереж показав, що термін до необхідної реконструкції збільшується в 2 рази, якщо використовувати шкалу перерізів проводів з коефіцієнтом 2. Таким чином, оптимізація перерізів проводів повітряних ліній 35 – 110 кВ дозволяє скорегувати термін регламенту реконструкції під час проектування розподільних електричних мереж.

ЛІТЕРАТУРА

1. Amanulla B., Chakrabarti S, SN Singh Reconfiguration of power distribution systems considering reliability and power loss. *IEEE Transactions on Power*. Delivery 27 (2), 2012. P. 918-926.
2. David G. Luenberger Yinyu Ye. *Linear and Nonlinear Programming: monograph*. International Series in Operations Research & Management Science, 2016. 555 p.
3. Лежнюк П.Д. Аналіз чутливості оптимальних рішень в складних системах

Lodz University of Technology
Institute of Electrical Power Engineering

Pryazovskyi State Technical University
Electrical Engineering Department

International Ukraine-Poland Seminar

Power quality in distribution networks with distributed generation

Kiev, July 4-5, 2019

-
-
- критеріальним методом: монографія. Вінниця: Універсум-Вінниця, 2003. 131 с.
4. Черемисин Н.М., Черкашина В.В. Критеріальний метод аналізу техніко-економічних задач в електричних сетях и системах: учеб. пособ. / Харків: Факт, 2014. 96 с.
 5. Черкашина В.В. Структурування повітряних ліній електропередачі в умовах неповноти інформації. *Монографія*. Харків: Факт, 2017. 259 с.

Черкашина Вероніка Вікторівна

кандидат технічних наук, доцент

Кафедра: Передачі електричної енергії

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»

Робоча адреса 61002, Харків-2, вул. Кирпичева, 2

Контактний телефон: +38(050) 194-76-36

E-mail: Veronika2473@gmail.com