

## ОЦІНКА НЕОДНОРІДНИХ РЕЖИМІВ ТА ВТРАТ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Фурман І. О., Мірошник О. О.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*Запропоновано виконувати оцінку неоднорідних режимів внаслідок несиметрії струмів і напруг в системах електропостачання за допомогою математичних очікувань кратності збільшення втрат активної потужності по величинах математичних очікувань різниць струмів.*

**Постановка проблеми.** Дослідження, присвячені аналізу режимів роботи неоднорідних режимів системи електропостачання внаслідок несиметрії напруги, показали, що несиметрія струмів обумовлена роботою комунально-побутового навантаження, основну частину якого становлять нерівномірно розподілені між фазами однофазні електроприймачі. При цьому в ряді випадків несиметрія струмів і напруг носить детермінований характер, тобто має місце систематична несиметрія. Тому знання величини несиметрії в системі електропостачання, дозволяє уточнити рівень втрат електроенергії та прийняти рішення щодо застосування відповідних заходів по їх зниженню.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для оцінки неоднорідних режимів та втрат активної потужності і енергії у системах електропостачання існує ряд методів, що засновані, головним чином, на необхідності знання величин лінійних струмів і струму в нульовому проводі [1, 2].

**Мета статті.** Визначити математичні очікування кратності збільшення втрат активної потужності в системах електропостачання по величинах математичних очікувань різниць струмів.

**Основні матеріали дослідження.** З погляду експлуатації систем електропостачання потрібно врахувати наступне:

- нерівномірно навантажені лінії з одним зосередженим на кінці навантаженням зустрічаються на практиці вкрай рідко, навантаження, як правило, розподілене уздовж лінії;

- вимірювання струмів у провадах на багатьох ділянках ліній з розподіленим навантаженням дуже складно, а іноді просто неможливо виконати.

Виходячи із цих міркувань, основними недоліками існуючих методів слід вважати:

- необхідність знання струмів у трьох лінійних провадах і нульовому проводі на всіх багатьох ділянках системи електропостачання,

- можливість визначення втрат (або кратності їх збільшення) тільки на кожній окремій ділянці з наступним їх сумуванням, для цього необхідно, крім усього іншого, виконувати вимірювання струмів одночасно на всіх ділянках.

Враховуючи вище сказане, необхідно зазначити, що з погляду експлуатації мережі метод визначення втрат потужності в нерівномірно навантаженій лінії з розподіленим навантаженням повинен задовольняти наступним вимогам

- давати можливість визначення втрат відразу по всій лінії з будь-яким числом нерівномірно наванта-

жених ділянок,

- не вимагати для обчислень знання струмів у лінійних і нульовому провадах на кожній ділянці лінії,

- дозволяти виконувати обчислення по таких доступних в експлуатації показниках режиму, як рівні напруги на початку та кінці лінії і по середніх електричних параметрах електропередачі.

Враховуючи [3] співвідношення між втратами активної потужності та напруги в лініях з довільно розподіленим навантаженням, пропонується метод визначення втрат активної потужності в будь-якій чотиріпровідній нерівномірно навантаженій лінії.

Вихідним при цьому є те положення [4], що в лінії є всього чотири-п'ять різних по величині та довільно розташованих навантаження, співвідношення між втратами напруги та втратами активної потужності у відсотках практично підкоряється відповідній залежності для лінії з рівномірно розподіленим навантаженням

$$\Delta U_a \% = 1,5 \cdot \Delta P \% \cdot \cos \varphi_n \quad (1)$$

Наведений вираз отримано при нехтуванні індуктивним опором лінії і тому враховують тільки складову падіння напруг від активного опору. Легко побачити, що

$$\Delta P \% = \frac{\Delta U \%}{1,5 \cdot \cos \varphi_n} k_a$$

$$k_a = \frac{R_n \cos \varphi_n}{R_n \cos \varphi_n + x_n \sin \varphi_n} \quad (2)$$

де  $\Delta U \%$  – втрати напруги в проводі лінії,  
 $\cos \varphi_n$  – середній коефіцієнт потужності навантаження,

$R_n$  – середнє арифметичне значення активного опору проводу лінії,

$$R_n = \frac{\sum_{i=1}^m r_i l_i}{\sum_{i=1}^m l_i} \quad (3)$$

$x_n$  – середнє арифметичне значення індуктивного опору лінії, що складає 0,38 Ом/км для ліній із прово-

дами з кольорового металу.

Грунтуючись на викладеному, пропонується визначати математичне очікування втрат активної потужності в неоднорідно навантаженій трифазній чотиріпровідній СЕП як суму математичних очікувань втрат потужності у фазних і нульовому проводах по величинах математичних очікувань втрат напруги в кожному із цих проводів, або по величині математичного очікування середньої втрати напруги. Математичне очікування втрати напруги в нульовому проводі може бути знайдене як математичне очікування різниці величин зсуву нейтралі в крайніх точках лінії.

Якщо в експлуатаційних умовах не представляється можливим виконати вимірювання струмів у проводах на головних ділянках фідерів СЕП, то для визначення втрат може бути запропонований метод еквівалентного струму.

Грунтуючись на тому, що для кожної фази лінії та для нульового проводу можуть бути знайдені умовні еквівалентні струми, однакові по всій довжині лінії, які створюють такі ж втрати що й реальні лінійні струми, що протікають на ділянках.

Якщо встановити аналітичний зв'язок між умовним еквівалентним струмом і струмом на головній ділянці, то за відомим значенням струму на головній ділянці можуть бути визначені втрати потужності у фазах і нульовому проводі

$$\Delta P_{\Sigma} = I_o^2 R_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m I_i^2 R_i, \quad (4)$$

звідки

$$k_e = \frac{I_e}{I_1} = \frac{0,41\sqrt{(m+1)(2m+1)}}{m}. \quad (5)$$

$m$  – число ділянок лінії,

$I_e$  – еквівалентний струм,

$I_1$  – струм головної ділянки (фазного, нульового проводу),

$k_e$  – коефіцієнт еквівалентності.

Наведений метод дає також можливість визначити втрати потужності в фазному проводі.

Слід зазначити, що метод еквівалентного струму дозволяє визначити еквівалентний коефіцієнт нерівномірності струмів у лінії

$$k_{no} = \frac{I_{o3}}{I_{A3} + I_{B3} + I_{C3}}. \quad (6)$$

Для визначення втрат енергії в неоднорідно навантажених елементах СЕП необхідно знати закон зміни струму в кожній фазі та нульовому проводі не тільки уздовж довжини лінії, але й у часі.

На практиці в системах електропостачання знайшли застосування такі методи, як обчислення втрат шляхом графічного інтегрування, за допомогою середнього квадратичного струму та за допомогою часу

втрат.

**Висновок.** Запропоновано метод оцінки неоднорідних режимів внаслідок несиметрії струмів і напруг в системах електропостачання, що дозволяє визначати математичні очікування кратності збільшення втрат активної потужності за допомогою величин математичних очікувань різниць струмів.

#### Список використаних джерел

1. Липский А. М. Взаимосвязь показателей качества электроэнергии в сетях с резкопеременными нагрузками / А. М. Липский. – Электричество, 1983. – №8. – С. 50–52.
2. Мирошник А. А. Методы вычисления потерь мощности в элементах несимметрично нагруженной сети / А. А. Мирошник // Научно-практический журнал "Электротехника и электромеханика", 2011/5. – С. 66 – 69.
3. Дрехслер Р. Измерение и оценка качества электроэнергии при несимметричной и нелинейной нагрузке / Р. Дрехслер. – Энергоатомиздат, 1985. – 112 с.
4. Лежнюк П. Д. Методика вычисления потерь мощности в несимметрично нагруженной четырехпроводной сети [Электронный ресурс] / П. Д. Лежнюк, А. А. Мирошник // Научный вестник Таврийского государственного агротехнологического университета. – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – Вип. 1, Т. 1. – С. 54 – 58 – [режим доступа] – [http://www.nbu.gov.ua/e-journals/nvtdau/2011\\_1/index.html](http://www.nbu.gov.ua/e-journals/nvtdau/2011_1/index.html).

#### Аннотация

#### ОЦЕНКА НЕОДНОРОДНЫХ РЕЖИМОВ И ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Фурман И. А., Мирошник А. А.

*Предложено проводить оценку неоднородных режимов вследствие несимметрии токов и напряжений в системах электроснабжения с помощью математических ожиданий кратности увеличения потерь активной мощности по величинам математических ожиданий разниц токов.*

#### Abstract

#### PRESENTATION NON-SINUSOIDAL REGIME IN POWER SYSTEMS USING WAVELET ANALYSIS

I. Furman, O. Miroshnyk

*It is proposed to assess the non-uniform mode due to unbalance currents and voltage in power systems using mathematic expectations magnification is active power losses on the values of mathematical expectation differences currents.*