

УДК 621.311

**П.М. Микулик**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **АНАЛІЗ ЗАГАЛЬНОПРИЙНЯТИХ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ВІДХИЛЕННЯ ТА КОЛИВАННЯ НАПРУГИ В ЕЛЕКТРИЧНІЙ МЕРЕЖІ**

**Проаналізовано алгоритми контролю відхилення та коливання напруги від номінального значення, обумовлених різкозмінними навантаженнями**

Ключові слова: відхилення і коливання напруги, параметри якості електроенергії, реактивна потужність, втрати напруги

**P. M. Mykulyk**

## **ANALYSIS OF GENERAL METHODS OF DEVIATIONS AND FLUCTUATIONS CONTROL IN THE ELECTRIC POWER SYSTEM**

The algorithms of control of deviation and voltage fluctuations from the nominal value due to abrupt changes are analyzed

Keywords: deviations and fluctuations voltage, parameters of electric power quality, reactive power, voltage losses

Відповідно до стандартів всі параметри якості електроенергії діляться на статичні та динамічні [1, 2]. Такий поділ зумовлений важливою кваліфікаційною ознакою – часовим розподілом.

До статичних належать повільні відхилення та коливання частоти повторення та середньоквадратичного значення напруги в електричних мережах. Динамічними вважають такими, що характеризують швидкі і повільні відхилення миттєвих значень напруги мережі за час, дещо більший від однієї половини періоду повторення та провали напруги мережі. Саме до таких параметрів відноситься відхилення напруги при коливанні її амплітуди викликаного обвідною різкозмінного навантаження.

Взаємозв'язок відхилення та коливання напруги можна встановити, виходячи із співставлення спокійної і еквівалентної її потужності різкозмінного навантаження. Відомо, що середньоквадратичні значення повної, активної та реактивної потужностей різкозмінних навантажень, що представляють випадковим процесом з відомими числовими характеристиками, еквівалентні відповідним потужностям спокійного навантаження.

Коливання напруги приводить до зростання її еквівалентного значення і до збільшення споживаного із мережі струму. Це в свою чергу приводить до збільшення втрат напруги в мережі, які в залежності від характеру їх зміни відносяться або до відхилення, або до коливання напруги.

Миттєве значення втрат напруги в мережі визначається з виразу:

$$U_{\epsilon}(t) = \frac{Q(t)}{S_{\kappa 3}}, \quad (1.1)$$

де  $Q(t)$  – миттєве значення реактивної потужності навантаження;

$S_{\kappa 3}$  – потужність короткого замикання у вузлі вмикання різкозмінного навантаження.

Із еквівалентності реактивних навантажень електроприймачів із спокійним і різкозмінним характером навантаження слідує рівність втрат напруг в мережах з такими навантаженнями:

$$\frac{Q_{ек}}{S_{кз}} = \frac{\sqrt{m_Q^2 + \sigma_Q^2}}{S_{кз}}, \quad (1.2)$$

або

$$U_{ек} = \sqrt{m_{U_в}^2 + \sigma_{U_в}^2}, \quad (1.3)$$

де  $m_Q$ ,  $m_{U_в}$  та  $\sigma_Q$ ,  $\sigma_{U_в}$  – відповідно середні та середньоквадратичні значення реактивної потужності та втрат напруги в мережі.

Середньоквадратичне значення втрат напруги в мережі з різкозмінними навантаженнями  $\sigma_{U_в}$  визначається як повільними змінами напруги в мережі, так і швидкими, що відповідають його коливанням.

Значення  $\sigma_{U_в}$  може бути визначене на основі спектральної теорії випадкових процесів наступним чином [3]:

$$\sigma_{U_в}^2 = \int_0^{\infty} G(\omega) \cdot d\omega, \quad (1.4)$$

де  $G(\omega)$  – енергетичний спектр втрат напруги в мережі, тобто обвідної напруги з частотою 50 Гц.

Розбиваючи інтервал інтегрування у виразі (1.4) на частини, що відповідають відхиленням  $\theta \div \omega_{\Delta}$  і коливанням  $\omega_{\Delta} \div \omega_{\sigma}$  напруги, одержимо:

$$\sigma_{U_в}^2 = \sigma_{\Delta}^2 + \sigma_{\sigma}^2, \quad (1.5)$$

де  $\sigma_{\Delta}$  та  $\sigma_{\sigma}$  – середньоквадратичні значення відхилення та коливання напруги.

Таким чином, величина еквівалентного відхилення напруги в мережі з різкозмінними навантаженнями рівне:

$$\delta U_{ек} = \sqrt{m_{U_в}^2 + \sigma_{\Delta}^2 + \sigma_{\sigma}^2}. \quad (1.6)$$

При нормальному законі розподілення змін напруги ця формула справедлива. Оскільки  $\sigma_{\sigma} < \sigma_{U_в}$  з похибкою не більше  $\pm 10\%$ , це відповідає значенню, яке вказане в роботі [4],  $\delta U_{ек} = m_{U_в}$ , тобто відхилення напруги в мережах з різкозмінним навантаженням доцільно визначати за середнім значенням напруги на протязі фіксованого інтервалу часу (часу спостереження). Слід відмітити, що застосування складних математичних методів з метою оцінки відхилення напруги недоцільно, оскільки це практично не підвищує точність розрахунків, а значно ускладнює їх.

#### Література

1. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения; введ. 2000-01-01. – К. : Держстандарт. – С. 31.
2. Ванько В. М. Проблемы контролю якості електроенергії в електричних мережах / В. М. Ванько, П. Г. Столярчук // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2001. – № 58. – С. 47-56.
3. Кей С. М. Современные методы спектрального анализа / С. М. Кей, С. Л. Марпл // Труды института инженеров по электротехнике и радиоэлектронике ТИИЭР. – 1981. – № 11. – Том 69. – С. 5-52.
4. Ванько В. М. Проблемы контролю якості електроенергії в електричних мережах / В. М. Ванько, П. Г. Столярчук // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2001. – № 58. – С. 47-56.