

# АНАЛІЗ ПОРУШЕННЯ НОРМ ДЕЯКИХ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ ТА МЕТОДИКА ЇХ ВРАХУВАННЯ

**Коваль В.Ф., магістрант, Лавренова Д.Л., к.т.н., ст. викл.**  
*КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації енергосистем*

**Вступ.** Відхилення напруги від норми має значний вплив на роботу енергосистеми та її частин. При цьому проблеми з якістю електроенергії можуть виникати на всіх рівнях електроенергетичної системи:

- рівень електростанцій та магістральних ліній електропередачі,
- рівень місцевих ліній електропередачі та великих підстанцій,
- рівень розподільчих підстанцій та трансформаторів,
- рівень обладнання користувачів.

Основне призначення нормативу параметрів якості електроенергії (ПЯЕ) це забезпечення електромагнітної сумісності електричних мереж систем електропостачання загального призначення та споживачів. Такі норми ПЯЕ викладено в [1, 2].

**Мета роботи.** Проаналізувати причини та наслідки порушень норм ПЯЕ. Визначити стандартну методику розрахунку коливань напруги.

**Матеріали та результати досліджень.** ПЯЕ характеризують в кількісному відношенні основні властивості електроенергії. Тобто нормуються межі, в яких має знаходитися значення параметра для нормального функціонування всіх частин електромережі.

Допустиме відхилення напруги в Україні становить  $\pm 5\%$ , а гранично допустиме її відхилення  $\pm 10\%$  [1, 2].

Основними причинами коливань напруги, які можуть призвести до порушення норм є:

- добові, сезонні і технологічні зміни електричного навантаження споживачів;
- зміни потужності джерел реактивної енергії;
- регулювання напруги на генераторах електростанцій і у вузлах мережі;
- зміни схеми і параметрів електричних мереж.

Наслідки порушення норм, в першу чергу позначаються на споживачах.

Так істотно впливає відхилення напруги на електротермічні і електролітичні установки. Зниження напруги приводить до збільшення тривалості циклу технологічного процесу, а у ряді випадків (при великих відхиленнях і відсутності регуляторів температури) процес взагалі не може бути завершений.

Відхилення напруги позначається і на роботі асинхронних двигунів. Від напруги в деякій мірі залежить швидкість їх обертання, а отже, і продуктивність. Як наслідок в асинхронного електродвигуна змінюються частота обертання ротора, а також значення активних втрат і споживаної реактивної потужності. Це, в свою чергу, приводить до зміни економічних показників, що характеризують роботу самого двигуна.

Значне зменшення напруги (менше за норму) призводить до неефективної роботи ламп освітлювання та скорочує термін їх служби. Коливання напруги, що призводять до мерехтіння освітлювальних ламп, в свою чергу впливають на чіткість сприйняття предметів, знижуючи продуктивність праці і погіршуючи загальне самопочуття персоналу, а в окремих випадках приводять до пошкодження технологічних установок.

Наявність таких проблем, а також значні довготривалі коливання напруги в побутових мережах електропостачання, як у промислових, так і у побутових споживачів, в свою чергу, приводять до масового використання стабілізаторів напруги. А це призводить до збільшення реактивної потужності, що збільшує втрати енергії в мережі.

Таким чином, жорсткий контроль ПЯЕ необхідно проводити у всіх вузлах і частинах енергосистеми, а особливо в мережах електропостачання.

Допустимі відхилення напруги в електричних мережах промислових підприємств розраховуються для найбільших навантажень. А моніторинг якості електроенергії слід здійснювати з урахуванням наступних правил [1].

Загальний термін моніторинга ПЯЕ має бути обрано з обов'язковим урахуванням характерних робочих і вихідних днів. Порівняння отриманих ПЯЕ з нормами, зазначеними в [1, 2], необхідно проводити кожної доби. Для визначення відхилення напруги необхідно отримати вимірні значення напруги для кожного  $n$ -го спостереження за період часу в 24 години.

За отриманими даними (вимірними значеннями) у мережах однофазного струму необхідно визначити діюче значення напруги для першої гармоніки. В електричних мережах трифазного струму також визначити діюче значення фазної напруги основної частоти, та діюче значення нульової послідовності:

$$U_{1(1)} = \sqrt{\frac{1}{12} \left[ \left( \sqrt{3} U_{AB(1)i} + \sqrt{4 U_{BC(1)i}^2 - \left( \frac{U_{BC(1)i}^2 - U_{CA(1)i}^2}{U_{AB(1)i}} + U_{AB(1)i} \right)^2} \right)^2 + \left( \frac{U_{BC(1)i}^2 - U_{CA(1)i}^2}{U_{AB(1)i}} \right)^2 \right]}$$

де  $U_{AB(1)i}$ ,  $U_{BC(1)i}$ ,  $U_{CA(1)i}$  – діючі значення міжфазних напруг основної частоти в  $n$ -му спостереженні.

Ці ж значення можна визначити за допомогою наближеної формули:

$$U_{1(1)i} = \frac{1}{3} (U_{AB(1)i} + U_{BC(1)i} + U_{CA(1)i})$$

Похибка в цьому випадку не перевищує 0,1 %.

Розрахунок середнього значення напруги здійснюється як опосередкування отриманих значень за 1 хвилину (кількість спостережень (має становити не менше 18):

$$U_y = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N U_i^2},$$

де  $U_i$  – діюче значення напруги  $U_{1(1)i}$  в  $i$ -му спостереженні,

$N$  – кількість спостережень.

Тоді значення усталеного відхилення напруги  $\delta U_y$  обчислюється наступним чином:

$$\delta U_y = \frac{U_y - U_{ном}}{U_{ном}} \cdot 100$$

де  $U_{ном}$  – номінальна фазна напруга.

Коливання напруги це швидкі зміни напруги, що виникають під дією різноманітних факторів. Різницю між амплітудним або діючим значеннями напруги до і після його одиничної зміни називають розмахом зміни напруги.

Згідно [1] та [2] коливання напруги характеризуються наступними показниками:

- розмахом зміни напруги;
- відповідною дозою флікера.

Гранично допустимі значення розмаху зміни напруги  $\delta U_t$  у точках загального приєднання до мережі при коливанні напруги визначають графічним методом. А саме, для цього використовують залежність, наведену на рис. 1.

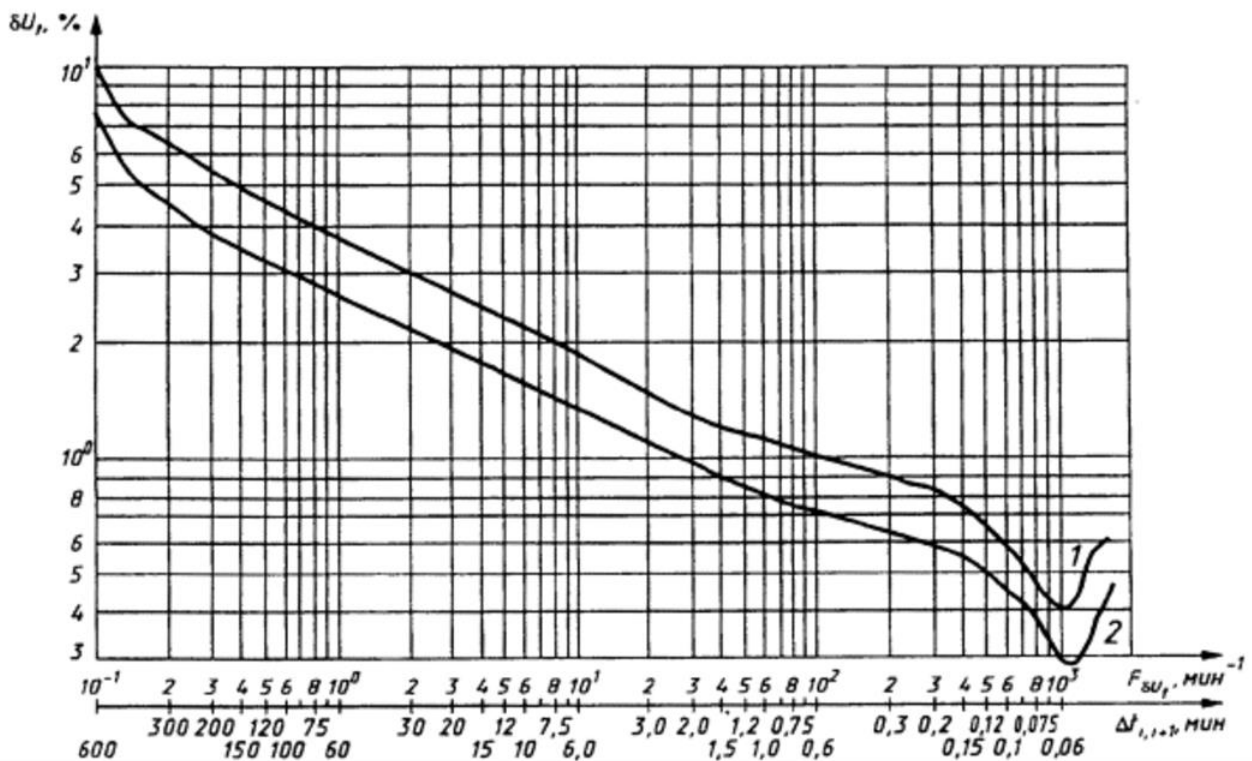


Рисунок 1 – Гранично допустимі розмахи змін напруги в залежності від частоти повторення змін напруги за хвилину для коливань напруги

Розмах зміни напруги  $\delta U_t$  у відсотках визначають як:

$$\delta U_t = \frac{|U_i - U_{i+1}|}{U_{ном}} \cdot 100$$

де  $U_i$ ,  $U_{i+1}$  – значення екстремумів або екстремуму горизонтальної ділянки оминаючих амплітудних значень на кожному періоді основної частоти, наприклад, як показано на рис. 2.

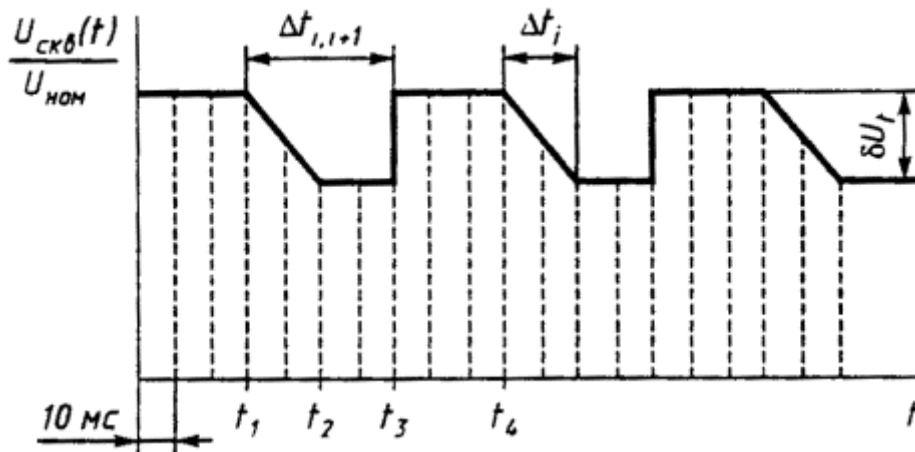


Рисунок 2 – Коливання напруги довільної форми

При цьому частоту повторень змін напруги  $F_{\delta U t}$  при періодичних коливаннях напруги обраховують як

$$F_{\delta U t} = \frac{m}{t}$$

де  $m$  – число змін напруги за час  $t$ ;  $t$  – інтервал часу вимірювання, що дорівнює 10 хв.

Окрім наведених вище ПЯЕ обов'язково слід проводити моніторинг несиметрії напруги, відхилення її форми (несинусоїдальності), а також впливу вищих гармонік.

**Висновок.** Проведений аналіз причин порушень норм ПЯЕ показав, що на відхилення напруги від номінального значення впливає зміна навантаження мережі, коливання напруги відбувається за рахунок різкої зміни характеру навантаження, а на несиметрію напруг у трифазній системі має вплив нерівномірний розподіл навантаження за фазами електричної мережі. При цьому неякісна електроенергія, що постачається споживачам, призводить не тільки до порушень їх роботи, але й до подальших порушень роботи мережі внаслідок використання споживачами різноманітних засобів місцевого поліпшення якості електроенергії. Тобто, через різні причини у результаті відхилення напруги від номінального значення можуть виникати збої в роботі енергосистеми чи окремих її складових.

Таким чином, необхідно постійно моніторити ПЯЕ та використовувати засоби їх поліпшення. Наведена методика обрахунку поточних значень коливань напруги дає можливість проводити довготривалий моніторинг ПЯЕ.

#### Перелік посилань

1. Електрична енергія. Сумісність технічних засобів електромагнітна. Норми якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення : ГОСТ 13109-97. [Чинний 01.01.2000]. – К.: Виробництво стандартів, 1998; Держстандарт України, з доп. і попр., 1999. – 31 с.

2. Характеристики напруги електроживлення, постачаної розподільчими мережами загальної призначеності: ДСТУ EN 50160:2010 (EN 50160:2007, IDT). [Чинний з 1.07.2012]. – К.: Держстандарт України, 2012. – 39 с.