

ЯКІСТЬ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ УКРАЇНИ ТА СВІТУ

Канабас Д. С., магістрант, Тимохін О. В., к.т.н., ст. викл.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації енергосистем

Вступ. На сьогоднішній день якість електроенергії пов'язана з надійністю, оскільки нормальним вважається режим електропостачання, за якого споживачі безперебійно забезпечуються електроенергією нормованої якості та необхідної для них кількості. Забезпечення надійної якості електроенергії веде до підвищення ефективності роботи приймачів електроенергії та електроенергетичних систем.

Мета роботи. Об'єктом дослідження виступають показники якості електричної енергії, що генерується на електричних станціях та транспортується до споживача.

Матеріали і результати досліджень. Електрична енергія використовується у всіх сферах життєдіяльності людини, має сукупність специфічних властивостей і безпосередньо бере участь у створенні інших видів продукції, впливаючи на їхню якість. Кожен електроприймач призначений для роботи за певних параметрів електричної енергії - номінальної частоти, напруги тощо. Для нормальної роботи йому має бути забезпечена необхідна якість електричної енергії. Таким чином, якість електроенергії визначається сукупністю характеристик, при яких електроприймачі можуть нормально працювати та виконувати закладені в них функції [1].

На якість електричної енергії впливає діяльність виробника, передача та розподіл, постачальник, а також діяльність споживача електроенергії. Робота промислових користувачів може супроводжуватися введенням значних збоїв в електроенергії мережі живлення у вигляді коливань напруги, падіння і перенапруги, дисбаланс, який може призвести до погіршення якості електроенергії, що відпускається споживачам, підключених до мережі [2].

Підвищену увагу до проблеми якості електроенергії можна пояснити двома причинами: з одного боку, ця проблема стає все актуальнішою в міру зниження рівня напруги і найбільш гірша в мережах 6, 10 та 0,4 кВ, на той час як основну увагу енергопостачальних компаній спрямовано на високовольтні мережі; з іншого боку, багато хто бачить цю проблему тільки в частині електромагнітної сумісності та не пов'язують її з енергозбереженням.

При визначенні показників якості електроенергії слід враховувати, що основні показники якості повинні не виходити за межі своїх нормальних значень протягом не менше 95% часу кожної доби, а в післяаварійних режимах – за межі максимальних значень, щоб уникнути тривалого порушення нормальної роботи електроприймачів [3]. Розглянемо показники якості електричної напруги окремо.

Відхилення частоти характеризується показником відхилення частоти від номінального значення, яке дорівнює різниці фактичного та номінального

значень частоти. При відхиленнях від номінальної частоти погіршується робота як джерел, так і споживачів електроенергії.

Відхилення частоти Δf розраховується за формулою:

$$\Delta f = f_c - f_{ном},$$

де f_c та $f_{ном}$ – відповідно середнє та номінальне значення частоти

Середнє значення частоти розраховують відносно кількості проведених спостережень N за формулою:

$$f_c = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N f_i$$

У нормальних режимах допустимі значення відхилення частоти дорівнюють 0,2 Гц і максимально допустимі 0,4 Гц. У післяаварійних режимах роботи електричної мережі допускається відхилення частоти від +0,5 до 1 Гц загальної тривалістю за часом не більше 90 годин.

Встановленими відхиленнями напруги називають відхилення напруги від його номінального значення в режимі роботи електричних мереж, усереднений за розрахунковий інтервал. Нормально і гранично допустимі значення відхилення напруги на виводах приймачів електроенергії становлять відповідно ± 5 і ± 10 % від номінальної напруги електричної мережі [4]. Відмінні від нормованих, нормально та гранично допустимі значення відхилення напруги в точках приєднання споживачів до мережі напругою 0,38 кВ і вище повинні бути встановлені в договорах між енергопостачальними організаціями та споживачами електроенергії.

Відхилення напруги від номінального у визначається у відсотках від номінального:

$$\delta U = \frac{U - U_{ном}}{U_{ном}} \times 100\% ,$$

де U – встановлене дійсне значення напруги без врахування вищих гармонік.

Провал напруги - це раптове зниження напруги на ділянці електричної мережі нижче $0,9U$, за яким слідує відновлення напруги до початкового чи близького відносно нього рівня через проміжок часу від десяти мілісекунд до кількох десятків секунд. Провал напруги характеризується тривалістю провалу напруги $\Delta t_{п}$, а також глибиною напруги $\Delta U_{п}$ (див. рис. 1).

Тривалість провалу напруги – це інтервал часу між початковим моментом провалу напруги та моментом відновлення напруги до початкового або близького до нього рівня. Глибина провалу напруги дорівнює різниці між номінальним значенням напруги та мінімальним середньоквадратичним значенням напруги протягом провалу напруги.

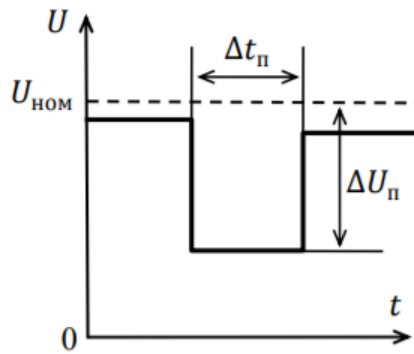


Рисунок 1 – Показники провалу напруги

Частота появи провалів напруги це кількість провалів напруги певної глибини та тривалості за певний проміжок часу.

Основними причинами виникнення провалів напруги є короткі замикання в мережі, що призводять до відключення елементів мережі, які знову можуть автоматично увімкнутися. Напруга відновлюється або після відключення КЗ або після автоматичного відновлення живлення пристроями АПВ або АВР.

Імпульс напруги - це різка зміна напруги на ділянці електричної мережі, за яким слідує відновлення напруги до початкового або близького до нього рівня за проміжок часу до кількох мілісекунд. Імпульс напруги характеризується показником імпульсної напруги $U_{\text{імп}}$, а також амплітудою $\Delta U_{\text{імп}}$, тривалістю імпульсу $\Delta t_{\text{імп}}$ і тривалістю імпульсу на рівні 0,5 його амплітуди $\Delta t_{\text{імп}0,5}$ (рис. 2).

Імпульсна напруга - це максимальне миттєве значення напруги, що дорівнює сумі миттєвого значення напруги в мережі в момент початку імпульсу та амплітуди імпульсу. Амплітуда імпульсу являє собою максимальне миттєве значення імпульсу напруги. Тривалість імпульсу дорівнює інтервалу часу між початковим моментом імпульсу та моментом відновлення миттєвого значення напруги до початкового або близького до нього рівня.

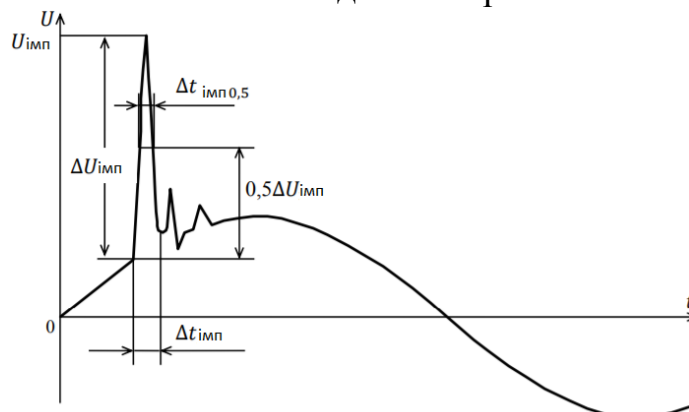


Рисунок 2 – Імпульс напруги

Тимчасова перенапруга являє собою напругу в точці електричної мережі тривалістю більше 10 мс, що виникає в системах електропостачання при комутаціях чи коротких замиканнях.

Коефіцієнт тимчасової перенапруги $K_{\text{пер}U}$ рівний відношенню максимального значення амплітудних значень $U_{\text{амп max}}$, що огинає, за період існування тимчасового перенапруження до амплітуди номінальної напруги

мережі $U_{\text{амп ном}}$. Вимірювання коефіцієнта тимчасового перенапруги проводиться у відносних одиницях за формулою:

$$K_{\text{пер } U} = U_{\text{амп max}} / U_{\text{амп ном}} \cdot$$

Тривалість короткочасного перенапруги визначається інтервалом часу між початковим моментом виникнення короткочасного перенапруги і моментом його зникнення.

Несиметрія напруг характеризується двома показниками: коефіцієнтом несиметрії напруг по зворотній послідовності та коефіцієнтом несиметрії напруг за нульовою послідовністю.

Електричну енергію за коефіцієнтами зворотної та нульової послідовностей вважають якісною, якщо максимальне з усіх виміряних і усереднених за кожні 3 с протягом 24 год значень коефіцієнтів несиметрії напруг по зворотній та нульовій послідовностях не перевищують гранично допустимих значень, а значення усередненого коефіцієнта несиметрії напруги за зворотною та нульовою послідовностями з ймовірністю 95 % не перевищують нормально допустимих значень.

Нормально і гранично допустимі значення коефіцієнта несиметрії напруг за нульовою послідовністю в точках приєднання до чотирьох-провідних електричних мереж з номінальною напругою 0,38 кВ рівні відповідно 2,0 та 4,0 %. Напруга нульової послідовності виникає в мережах низьких напруг з нейтральним провідником при суттєво несиметричних навантаженнях, а також у мережах напругою до 35 кВ із незаземленою нейтраллю при замиканні на землю. Струм у нейтральному провіднику, що дорівнює триразовому струму нульової послідовності, істотно збільшує навантаження нульового дроту і призводить до підвищених втрат потужності в мережі та значних знижень напруги.

Висновки. В даній статті було проведено аналіз основних показників якості електричної енергії в електричних мережах України таких як відхилення частоти та напруги, провали та перенапруги, а також імпульсні напруги. Моніторинг та регулювання цих показників є обов'язковим для підтримання надійного та безперебійного електропостачання по Україні. Для вирішення проблеми якості електроенергії потрібна організація безперервного моніторингу показників якості та розробка методичної основи та відповідного приладового обладнання з ідентифікації джерел спотворень з коректною кількісною оцінкою ступеня спотворень.

Перелік посилань

1. Хацевський К.В., Денчик Ю.М. Проблемы качества электроэнергии в системах электроснабжения, 2011.
2. Claudiu NICOLA, Viorica VOICU. Quality Analysis of Electric Energy using an Interface Developed in LabVIEW Environment, 2016.
3. Ананичева С.С. Качество электроэнергии. Регулирование напряжения и частоты в энергосистемах. : Екатеринбург, 2012. 93 с.
4. ДСТУ EN 50160:2014 Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності.