

## ЯКІСТЬ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Олійник Ю. С.

*Українська інженерно-педагогічна академія*

*Розглянуто основні питання якості електроенергії. Приділено увагу питанням електромагнітної сумісності. Проаналізовано показники якості електроенергії, які нормуються Національною комісією, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг України.*

**Постановка проблеми.** В сучасний час економічних відносин електрична енергія розглядається як товар, за який споживач розраховується у грошовому еквівалентні, а для себе вимагає відповідну якість та кількість електроенергії. Економічний збиток, що обумовлений зниженнями якості електроенергії, має дві складові: електромагнітну та технологічну [2, с. 9]. Якість електроенергії розглядається у сукупності з електромагнітним впливом системи електропостачання на роботу електричних апаратів, різноманітних приладів та основного електрообладнання.

Навантаження побутового та промислового сектору в останні роки різко збільшилася, що в свою чергу обумовлено удосконаленням електроприймачів в цілому та й окремих їх компонентів, що направлені на підвищення коефіцієнту корисної дії та оптимізацію режиму роботи електрообладнання, а також на зменшення споживання енергетичних ресурсів в умовах їх острого дефіциту. Але при цьому більшість таких електроприймачів з іншого боку є причиною спотворення синусоїдальності кривих струму та напруги.

Отже, якість електричної енергії характеризує електромагнітне середовище, у якому працює електричне обладнання.

Вплив цього середовища на роботу електрообладнання може розглядатися з двох протилежних напрямків. Воно може здійснювати вплив як позитивно, так і досить вороже, при цьому змінюються у бік обмеження основні функції електричного обладнання та апаратів.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Оскільки протягом досить тривалого часу проблемам якості електричної енергії не приділялося ніякої уваги, з часом це призвело до масового виникнення електромагнітної сумісності електричної системи, мереж та споживачів електроенергії.

Невідповідність показників якості електричної енергії стандартним значенням мають негативні наслідки:

- збільшення втрат і споживання електричної енергії у системі електропостачання;
- суттєве зниження надійності основного електрообладнання;
- виникнення порушень у технологічному процесі;
- зменшення обсягу продукції, що виробляється на підприємстві.

Як відзначає автор І.В. Жежеленко у роботі [2, с. 8] на сучасному етапі розвитку електроенергетики можна чітко виділити дві важливі проблеми – якість електроенергії і надійність електропостачання, що й

визначається заданою функцією електроенергетичних систем – постачання споживачам електроенергії у потрібній кількості та відповідної якості.

Велику увагу приділяють автори у роботі [5] порушенню якості електричної енергії. Для того, щоб попередити ці порушення або вчасно їх виявити, вони розробили нову методологію моделювання сигналів для аналізу порушень якості електричної енергії. Вони відзначають, що наразі актуальність, пов'язана з якістю електричної енергії, дуже поширена через збільшення її порушень. Як одну з найбільш впливовіших причин природи цих порушень вони відмічають, з'єднання генераторів відновлювальних джерел енергії з навантаженням, що мають високі лінійні характеристики [5].

Аналіз досліджень в галузі якості електричної енергії показує, що порушення стандартів якості електроенергії обходиться промисловості Європейського Союзу в цілому близько 14-15 млрд євро на рік.

При цьому існує постійне зростання кількості та потужності електроприймачів, що мають нелінійні вольт-амперні характеристики, що також призводить до виникнення проблем відносно якості електричної енергії.

Постійно зростаюча вартість електроенергії та підвищення вимог до її якості привертають все більшу увагу до цієї проблеми як з боку споживачів електричної енергії, так і з боку енергопостачальної організації.

**Мета статті.** Проаналізувати основні показники якості електричної енергії та розглянути наслідки отримання споживачами електричної енергії, що не відповідає стандартам.

**Основні матеріали дослідження.** Електрична енергія у сучасних ринкових умовах є товаром, який користується великим попитом у всіх сферах життя людини, а також безпосередньо приймає участь при створенні продукції, якість яких залежить від якості самої електричної енергії.

Зниження якості електричної енергії миттєво створює умови для додаткової відмови або ризику відмови електрообладнання, збільшення технологічного збитку. Насамперед виділяють пристрої на базі мікроелектроніки та мікропроцесорної техніки у мережі до 1 кВ, які ще є джерелами перешкод.

Отже, забезпечення якості електричної енергії для її подальшого споживання різноманітними споживачами є основною метою електроенергетичної галузі.

Якість електричної енергії та якість продукції, що було вироблено за допомогою електричної енергії, не є ідентичними поняттями та мають свої характерис-

тики. Як вже зазначалося, кожний електроприймач працює при конкретних і визначених параметрах електричної енергії.

Отже, для його оптимальної роботи ця якість повинна бути забезпечена та підтримуватися на цьому рівні.

Особливість цього процесу визначається тим, що не завжди якість електричної енергії у місці її споживання відповідає стандартам. Навіть якщо в процесі виробництва електричної енергії було дотримано її основних з показників якості, то у споживача вони можуть не співпадати. Таке може мати місце різниця між показниками якості при включення обладнання в мережу та після його відключення.

Тому дотримання стандартам якості електричної енергії є необхідною та категоричною умовою в процесі її виробництва, передачі, розподілу та споживання.

Якщо проаналізувати дані опитування потужних промислових підприємств, то можна відмітити, що вихід із роботи електрообладнання вони пов'язують з невідповідністю показників електричної енергії заявленим стандартам.

Зниження процесу продуктивної роботи механізмів та погіршення якості продукції, що випускає підприємство. Показники якості з нормативними значеннями згідно ДСТ 13109-97 споживаної електричної енергії повинна зі свого боку забезпечити організація, що постачає електроенергію споживачеві, а також при цьому забезпечити електромагнітну сумісність зі споживачами.

У нашій країні ДСТУ 13109-97 є основним документом, що регулює показники якості електричної енергії.

У загальній кількості цих показників нараховується одинадцять, серед яких: відхилення частоти, відхилення напруги, несинусоїдальність напруги, несиметрія напруги, коливання напруги, провали напруги, короткочасні перенапруги, імпульси напруги.

Якість електричної енергії характеризується різноманітними показниками. Їх умовно можна розділити на дві групи.

Перша основна група має безпосереднє відношення до циклу від генерації до споживання електричної енергії. Це показники, що пов'язані з особливостями процесу генерації, передачі, розподілення та споживання електричної енергії. До них можна віднести відхилення напруги та частоти, несиметрія та коливання напруги, відхилення від синусоїдальної форми кривої напруги [6].

Друга група має досить короткочасний характер та містить такі показники якості електроенергії, як провали напруги, імпульси напруги, що можуть створити короткочасні перерви у електропостачанні споживачів. Ці показники виникають у післяаварійному режимі роботи системи електропостачання, а також при виникненні комутаційних процесів, атмосферних явищ, грозових явищ, спрацюванні системи захисту та автоматики електрообладнання.

У досить чітких межах знаходяться показники першої групи.

ДСТ 13109-97 нормує їх з використанням конкретних числових значень.

При цьому показники другої групи не мають чітких числових нормувань.

Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг дає таку характеристику якості електричної енергії та нормує показники наступним чином.

Якість електричної енергії - це ступінь відповідності фактичних значень параметрів електричної енергії встановленим ГОСТ 13109-97 значенням, основні з яких наведено нижче у табл. [4]:

Електроприймач має оптимальні техніко-економічні показники на зажимах. Відхилення їх від номінальних значень тягне за собою зміни показники всієї мережі, тому що відхилення напруги в окремих точках мережі має вплив на систему електропостачання в цілому. Для того, щоб зрозуміти, ступінь якості електроенергії, що отримує споживач, необхідно виміряти числові значення показників електричної енергії та зіставити з нормованими значеннями, що прописані у ДСТ [7].

Таблиця 1 - Нормування показників якості електроенергії [4]

Найменування показника	Допустиме значення показника	
	нормальне	граничне
Відхилення напруги	$\pm 5^*$	$\pm 10^*$
Доза флікера, відн. од.: короткочасна тривала		1,38 1,00
Коефіцієнт спотворення синусоїдальності кривої напруги, %, не більше	8	12
Коефіцієнт гармонійної складової напруги непарного (парного) порядку, %, не більше	5 (2)	7,5 (3)
Несиметрія напруги, %	2	4
Тривалість провалу напруги, с		30
Відхилення частоти, Гц	$\pm 0,2$	$\pm 0,4$

Системи контролю якості електричної енергії здійснюють вимір показників якості електроенергії, що нормуються, обробляють результати, накопичують та систематизують ці дані. Також здійснюється подальший звіт, на основі якого обираються заходи щодо підвищення якості електричної енергії [6].

Можливе розробка або використання вже існуючих програм для розрахунку втрат потужності від вищих гармонік, що призначена для оцінки та планування витрат на електроенергію енергетичними службами промислових підприємств. Показники якості електроенергії, що виходять за межі значень, що нормуються, призводять до негативних явищ, що характеризуються великим матеріальним збитком та порушенням технологічного процесу. До них відносяться:

- випадіння синхронних двигунів із синхронізму;
- суттєве збільшення ковзання у асинхронних двигунів, внаслідок чого може бути їх останів;

- поява додаткових втрат в електричних машинах та апаратах, у мережі та трансформаторах, що в свою чергу призводить до необґрунтованого збільшення споживання електричної енергії та порушенню технологічного процесу, наслідком яких буде масовий брак продукції що випускає підприємство;

- перегрів обмоток електричного обладнання, що скорочують строк його служби за рахунок збільшення навантаження на обмотки, пробій ізоляції та, як наслідок, повний вихід обладнання із робочого стану;

- суттєво погіршується точність роботи та чіткість спрацювання пристроїв автоматики, зв'язку та телемеханіки.

Особливу увагу приділено основним показникам якості електричної енергії, що характеризують частоту та напругу. Одним з впливовіших показників у системі електропостачання є частота, що забезпечується балансом активної потужності. Напруга у системі електропостачання характеризується у вузлах системи та регулюється балансом реактивної потужності [7].

При більшій деталізації аналізу всіх показників якості електричної енергії, необхідно зауважити, що все ж таки найбільш суттєвий вплив здійснює напруга, тобто її відхилення та коливання. Саме від цього показника залежить строк служби електрообладнання та якість продукції, що випускається. Негативний вплив та подальші економічні збитки призводить відхилення напруги як у разі збільшення його значення, так й у разі зменшення.

Вже досить давно доказано та виявлено, що підвищення напруги в мережі призводить до виникнення безпеки перегріву статора асинхронних двигунів, збільшення споживання реактивної потужності, збільшення холостого ходу трансформаторів, що в свою чергу пов'язано з перегрівом. Дуже чутливо реагують на коливання напруги люмінесцентні лампи та лампи розжарювання: зменшується трок їх служби на погіршуються їх основні характеристики. При зниженні напруги на 10% зменшується світловий потік на 30% та виникає мерехтіння люмінесцентних ламп. Якщо напруга в мережі буде знижуватися, то має місце можливий перегрів роторів і зниження строків служби асинхронних двигунів та зменшення частоти обертання двигунів.

Також зниження напруги сприяє збільшенню втрат активної потужності та зниженню меж стійкості системи. Збільшення напруги викликає помилкове спрацювання пристроїв релейного захисту та автоматики та призведе до виходу з робочого стану мікропроцесорних пристроїв.

#### **Висновки.**

Якість електричної енергії тісно пов'язана з надійністю електричного обладнання та електроенергетичної системи в цілому. Поступовий перехід від періодичного вимірювання показників якості електричної енергії, до безперервного моніторингу якості електроенергії за допомогою автоматизованих вимірювальних комплексів забезпечать споживачів електроенергією відповідної якості та у загальному сенсі сприятиме підвищенню надійності процесу електропостачання споживачів. В Україні споживачі, які отримують електричну енергію низької якості, можуть роз-

раховувати на компенсацію. У 2017 році Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, ініціювала компенсацію за недостатню якість електроенергії, що постачається споживачам [3].

#### **Список використаних джерел**

1. ГОСТ 13109-97 "Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения".
2. Пивняк Г. Г. Расчеты показателей электромагнитной совместимости: учеб. пособие / Г. Г. Пивняк, И. В. Жежеленко, Ю. А. Папаика. - Д.: НГУ, 2014. - 113 с.
3. [http://elektrovesti.net/53117\\_v-ukraine-ustanovleny-trebovaniya-na-kachestvo-elektroenergii-v-2017-godu](http://elektrovesti.net/53117_v-ukraine-ustanovleny-trebovaniya-na-kachestvo-elektroenergii-v-2017-godu)
4. <http://www.nerc.gov.ua>
5. Marco A., Rodriguez-Guerrero, Rene Carranza-Lopez-Padilla, Renede J., Romero-Troncoso A novel methodology for modeling waveforms for power quality disturbance analysis / Original research article Electric Power Systems Research Volume (14-24 February). - 2017. - 143 p.
6. Пантелеєва І. В. Особливості регулювання електродвигунів пристроями силової перетворювальної техніки промислового електроприводу/ І. В. Пантелеєва, Ю. С. Олійник // Коммунальное хозяйство городов. - X., 2013. - Вип. 109. - С. 89-95.
7. Шматько Н. М. Формування механізму стратегічного управління потенціалом підприємства / Н. М. Шматько, М. С. Пантелеєв // Вісник економіки транспорту і промисловості. - 2013. - № 41.-С. 209-215.

#### **Аннотация**

#### **КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

Олейник Ю. С.

*В статье рассмотрены основные вопросы качества электроэнергии. Уделено внимание вопросам электромагнитной совместимости. Проанализированы показатели качества электроэнергии, которые нормируются Национальной комиссией, осуществляющей государственное регулирование в сферах энергетики и коммунальных услуг Украины.*

#### **Abstract**

#### **QUALITY OF ELECTRIC ENERGY**

J. Oliynyk

*The paper considers the main issues of power quality. Attention is paid to the issues of electromagnetic compatibility. The power quality indicators are analyzed, which are standardized by the National Commission, which carries out state regulation in the energy and utilities sectors of Ukraine.*