

ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ПОСТІЙНОГО КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ.

К.т.н. Л. С. Іванов, д.е.н. Ш. А. Омаров, Харківський національний університет радіоелектроніки

Метою роботи є дослідження необхідності постійного контролю за параметрами якості електропостачання виробничих приміщень в сучасних умовах для збереження технічного обладнання в працездатному стані тривалий час

Целью работы является исследование необходимости постоянного контроля за параметрами качества электроснабжения производственных помещений в современных условиях для сохранения технического оборудования в работоспособном состоянии длительное время

The aim of the work is to study the need for constant monitoring of the quality parameters of the power supply of industrial premises in modern conditions to maintain technical equipment in working condition for a long time

Ключові слова: *електрична енергія, параметри якості електропостачання, контроль, функції контролю, прилади контролю, відхилення*

Вступ

Забезпечення необхідної якості електроенергії для споживачів – виробничих приміщень – це комплекс складних завдань, які приходиться постійно рішати в процесі експлуатації технологічного обладнання. Якість електроенергії значною мірою впливає на технологічний процес виробництва і якість продукції, на втрати електроенергії та на параметри самої електропостачальної системи та режими її роботи.

Аналіз сучасного стану електроенергетичної галузі України свідчить, що її інтеграція з електроенергетичним сектором країн ЄС можлива тільки за умови дотримання жорстких вимог до параметрів якості електричної енергії, які повинні знаходитись у межах допустимих рівнів, встановлених у нормативних документах.

Якість електричної енергії в значній мірі впливає на надійність функціонування технологічного обладнання і є постійно діючим фактором, який може призводити до необґрунтованих економічних втрат багатьох споживачів електричної енергії.

Так, за даними зарубіжних досліджень, втрати країн Європи від неякісної електричної енергії щорічно сягають десятки млрд. євро. Аналогічні дані по Україні на даний час відсутні, оскільки проблемою якості електричної енергії систематично займаються тільки науковці, і це при тому, що збитки від неякісної електричної енергії мають тенденцію зростання [1,2].

Параметри якості постачання електричної енергії

Якість електричної енергії - це сукупність властивостей електричної енергії відповідно до встановлених стандартів, які визначають ступінь її придатності для використання за призначення.

Аналіз нормативної документації показав, що відповідно до положень [3] пункту 11.4.6 глави 11.4 розділу XI Кодексу систем розподілу, затвердженого постановою НКРЕКП від 14.03.2018 № 310 (далі – КСР), параметри якості електроенергії в точках приєднання споживачів в нормальних умовах експлуатації мають відповідати параметрам, визначеним у ДСТУ EN 50160:2014 «Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності» (далі – ДСТУ EN 50160:2014).

Основні показники якості електричної енергії визначені у [3] пунктах 11.4.7 – 11.4.12 глави 11.4 розділу XI КСР.

Стандартна номінальна напруга U_n для мереж низької напруги загального призначення має значення 220 В між фазним і нульовим проводом або між фазними проводами:

- для трифазних чотирипровідних мереж: $U_n=220$ В між фазним та нульовим проводом;

- для трифазних трипровідних мереж: $U_n=220$ В між фазними проводами.

Зміна напруги не повинна перевищувати $\pm 10\%$ від величини номінальної напруги.

Частота напруги електропостачання для мереж низької напруги має бути в межах:

1) для систем, які синхронно приєднані до ОЕС України - 50 Гц $\pm 1\%$ протягом 99,5 % часу за рік та 50 Гц + 4 % (- 6 %) протягом 100 % часу;

2) для систем без синхронного приєднання до ОЕС України - 50 Гц $\pm 2\%$ протягом 99,5 % часу за рік та 50 Гц $\pm 15\%$ протягом 100 % часу.

Показник довготривалого флікера (мерехтіння), спричиненого коливанням напруги, для мереж низької напруги має бути меншим або рівним 1 для 95 % часу спостереження.

95% середньоквадратичних значень складника зворотної послідовності напруги електропостачання, усереднених на 10-хвилинному проміжку, для мереж низької напруги мають бути в межах від 0 % до 2 % від складника напруги прямої послідовності.

Нормативи є обов'язковими в усіх режимах роботи електропостачальних систем загального призначення, крім режимів, зумовлених:

- винятковими погодними умовами;
- непередбачуваними ситуаціями (аварії, пожежі, вибухи);
- умовами, регламентованими державними органами управління, а також пов'язаними з ліквідацією наслідків, спричинених непередбачуваними обставинами.

Також аналіз нормативної документації показав, що деякі параметри якості електропостачання потребують постійного дослідження та визначення у зв'язку з тим, що в системах електропостачання існує усталене відхилення напруги $\pm\Delta U_y$, розмаху зміни напруги $\pm\Delta U_x$, коефіцієнту спотворення синусоїдної кривої напруги KU, тривалості провалу напруги Δt_v , відхилення частоти $\pm\Delta f_i$, дози флікера (мерегтіння) P_f [3].

Таким чином, аналіз нормативної документації показує, що нормативні параметри якості електропостачання відрізняються від реальних параметрів в системі в зв'язку з постійною зміною навантаження і тому потребують постійного моніторингу та своєчасного втручання в роботу технологічного обладнання з метою захисту його працездатності.

Постановка проблеми

Описана ситуація потребує нестандартного підходу до вирішення цієї проблеми, а саме: оператори електропостачальних систем не мають можливості активно контролювати стан постачання електроенергії через велику кількість користувачів та велике навантаження на ці системи. Тому контроль за параметрами якості електропостачання повинен здійснювати сам користувач безпосередньо за допомогою сучасних технічних та програмних засобів контролю та захисту технологічного обладнання.

Виклад основного матеріалу дослідження

Проведене дослідження виявило основні причини та наслідки фактичної зміни параметрів якості систем електропостачання, а саме: системи електропостачання користувачів включає в себе декілька основних етапів.

- 1 етап – передавання електроенергії;
- 2 етап – розподіл електроенергії;
- 3 етап - перетворення та споживання електроенергії.

Кожен з цих етапів супроводжується часткою відхилення параметрів, які характеризують її за певними властивостями від первинних значень.

Сукупність властивостей електричної енергії, які обумовлюють її придатність до нормальної роботи технологічного обладнання відповідно до його призначення з розрахунковою працездатністю, є якістю електричної енергії.

Державним стандартом чітко визначені показники значень якості електроенергії.

Визначені Держстандартом величини нормальних допустимих та гранично допустимих значень показників, відносяться до розрахункового періоду 24 години в електричній мережі напругою до 1 кВ.

Основні неполадки живлення, які становлять небезпеку для роботи електрообладнання відображають вимоги міжнародного стандарту ГОСТ 13109-97, термінологічних стандартів ГОСТ 30372-95 та ДСТУ 3466-96:

1. Зникнення напруги (Power Failure, Loss of Voltage) - відсутність напруги в електромережі протягом більше двох періодів (40 мс). Наслідками зникнення напруги можуть бути: порушення технологічного процесу, вихід з ладу обладнання, пошкодження даних на серверах і поточної інформації на робочих станціях, пошкодження файлової системи, втрата інформації.

2. Провал напруги (Power Sag, Voltage Dip) - раптове зниження напруги в електричній мережі нижче величини 90% від номінального значення, за яким слідує відновлення напруги до початкового або близького до нього рівня за проміжок часу від десяти мілісекунд до декількох десятків секунд. Причиною провалу напруги можуть бути: включення енергоємного обладнання, запуск потужних електродвигунів, робота зварювальних апаратів тощо. Можливі наслідки: вихід з ладу обладнання, мерехтіння освітлення, скидання оперативної пам'яті; виникнення помилок.

3. Перенапруга (Power Surge, Over Voltage) – раптове підвищення напруги в електричній мережі вище величини 110% від номінального значення, за яким слід відновлення напруги до початкового або близького до нього рівня за проміжок часу від десяти мілісекунд до декількох десятків секунд. Причиною виникнення перенапруги може бути відключення енергоємного обладнання. Можливі наслідки: вихід з ладу апаратури, мерехтіння освітлення, скидання оперативної пам'яті, виникнення помилок.

4. Відхилення напруги (Brownout, Voltage Deviation) - відхилення (зниження / підвищення) напруги в мережі від допустимих стандартом значень на тривалий час (більше десятків секунд). Виникає зазвичай через зростання споживання електроенергії в певні періоди часу при обмеженій потужності джерела електроенергії або довгих лініях електроживлення. Можливі негативні наслідки: додаткові втрати потужності в стабілізаторах, скорочення терміну служби блоків живлення, збої у виконанні програм.

5. Електромагнітна перешкода (Electrical Line Noise) - виникнення у мережі високочастотних імпульсів, що накладаються на синусоїдальну форму напруги. Основними причинами виникнення електромагнітних перешкод є робота потужних електродвигунів, перемикання релейної апаратури і силової комутаційної електроніки, мовлення суміжних станцій, магнітні бурі. Можливі наслідки - виникнення помилок, скидання оперативної пам'яті, «зависання» операційної системи, вихід з ладу накопичувачів на жорстких дисках. У [4] цей термін відсутній;

6. Імпульс напруги (High Voltage Spikes, Voltage Impulse) – це короткочасне перевищення напруги вище 110% від номінального значення тривалістю 10-50 мкс (з

часом фронту імпульсу 1-10 мкс). При цьому, амплітуда імпульсів перенапруги може досягати величин 6000 В. Причиною їх появи можуть бути удари блискавок, розряди статичної електрики. Такі високовольтні імпульси з дуже кругим переднім фронтом без перешкод минають захисні фільтри блоків живлення ПЕОМ і потрапляючи в ланки системних плат, викликають скидання оперативної пам'яті і вихід з ладу мікросхем.

7. Відхилення частоти (Frequency Variations, Frequency Deviation) – відхилення частоти на величину більше 0,2 Гц від номінального значення (50 Гц). Причиною появи можуть бути: нестабільність джерела електроенергії, нестабільність частоти обертання ротора дизель-генератора. Можливі наслідки: перегрів і вихід з ладу блоків живлення, «зависання» операційної системи, програмні збої, втрата даних.

8. Тимчасова перенапруга (Switching Transient) - це короткочасне перевищення напруги вище 110% від номінального значення тривалістю 1000-5000 мкс. При цьому, амплітуда імпульсів перенапруги може досягати величин 4500 В. Причиною їх появи є комутаційні процеси потужнострумів ланцюгів електропостачання, іскріння комутаційних апаратів. Можливі наслідки: скидання оперативної пам'яті і вихід з ладу мікросхем.

9. Несинусоїдальність напруги (Harmonic Distortion) - характеризується двома основними показниками:

а) коефіцієнтом спотворення синусоїдальності кривої напруги (струму) - відношення діючих значень суми вищих гармонік напруг (струмів) до діючого значення напруги (струму) основної гармоніки або у спрощеному варіанті до номінальної напруги (струму);

б) коефіцієнтом гармоніки напруги (струму) - відношення діючого значення аналізованої гармоніки напруги (струму) до діючого значення змінної напруги (струму) або у спрощеному варіанті до номінальної напруги (струму). Крім перерахованих використовуються такі показники якості електроенергії, як: коефіцієнти форми і амплітуди кривих змінної напруги (струму), гармоніка напруги (струму), джерело гармонік напруги, струму (Source of Harmonic Voltage, Current), гармонійний резонанс (Harmonic Resonance). Небезпеку для електрообладнання представляють спотворення синусоїдальності кривої напруги більше 8% або наявність в кривій напруги гармонійних складових напруги непарного (парного) порядку, з коефіцієнтом гармонік більше 5%. Причиною їх появи є наявність споживачів з нелінійним навантаженням, таких як комп'ютери, тиристорні перетворювачі тощо. При цьому поряд із спотворенням відбувається генерування значного потоку реактивної потужності в зовнішню електромережу, що погіршує якість роботи інших споживачів електроенергії та вимагає використання пристроїв автоматичної компенсації реактивної потужності або інших пристроїв, що коректують форму вхідного струму [5].

Також дослідження показали, що на першому етапі електропостачання від джерел до трансформуючих станцій виникає проблема щодо показників якості параметрів передавання електроенергії, про що свідчить річний звіт (ANNUAL REPORT) Державного підприємства «Національна енергетична компанія «УКРЕНЕРГО». У пункті 7.3 «Якість електроенергії. Метрологічне забезпечення» звіту сказано, що у поточному році прийняті в промислову експлуатацію автоматизовані системи контролю показників якості електроенергії (АСКПЯЕ) і впроваджені на двох ПС 330 кВ: «Лосеве» (Північна ЕС) та «Котовська» (Південна ЕС). Програмне забезпечення АСКПЯЕ інтегроване в АСОЕ регіонального рівня Північної та Південної ЕС. Вимірювальними приладами були багато-функціональні трифазні вимірювачі електричних величин і аналізатори якості електричної енергії змінного струму РМ175 виробництва «SATEC». Прилади встановлені на двох приєднаннях 110 кВ і чотирьох приєднаннях 6 кВ ПС «Лосеве» (ДП «Завод Електроважмаш») та п'яти приєднаннях 110 кВ ПС «Котовська» (Одеська залізниця).

Система АСКПЯЕ забезпечує:

- безперервний моніторинг якості електроенергії;
- фіксацію порушень допустимих значень показників якості електроенергії (ПЯЕ) за добу та розрахунковий період відповідно до вимог ГОСТ 13109-97 як сумарно, так і по кожному приєднанню, що контролюються;

- формування даних для визначення кількості електроенергії, в якій ПЯЕ вийшли за допустимі значення (формування даних виконується за допомогою програмного забезпечення «Pas V1.4»);

- підготовку звітної інформації та передачу її до АСОЕ регіонального рівня;

- інформування оперативного персоналу підрозділів НЕК «Укренерго» про виходи ПЯЕ за допустимі значення;

- ведення архівів ПЯЕ для аналізу причин виходів ПЯЕ за допустимі значення.

За час роботи автоматизована система контролю показників якості електроенергії (АСКПЯЕ) на цих об'єктах зафіксована значна кількість електроенергії, що не відповідає вимогам ГОСТ 13109-97. Проте визначення відповідальної сторони за недотримання нормованих показників якості електроенергії стане можливе лише після затвердження Міністерством енергетики розробленої «Методики розподілу відповідальності за недотримання нормованих показників якості електричної енергії між постачальником і споживачем», а величину збитків – після затвердження НКРЕКП України відповідної методики.

Висновки

За результатами дослідження поставленої проблеми можна зробити наступні висновки та пропозиції:

I. Враховуючи ситуацію, що склалася на ринку споживання електричної енергії щодо дотримання нормованих показників якості параметрів електропостачання, гостро стає питання постійного моніторингу контролю даних показників на третьому етапі (перетворення та споживання електроенергії), тому що на першому і другому етапі такого контролю не існує. В підтвердження цього факту наводимо скріншот діаграми фактичних і прогнозованих показників якості електропостачання в період з 2014 р. по 2023 р., на якій показаний моніторинг показників надійності електропостачання (індексу середньої тривалості довгих перерв в електропостачанні SAIDI до індексу середньої частоти довгих перерв в електропостачанні SAIFI).

З діаграми (рис. 1) видно, що за останні роки по Україні спостерігається яскраво виражене зниження показників якості електропостачання у середньому на 10% за рік.

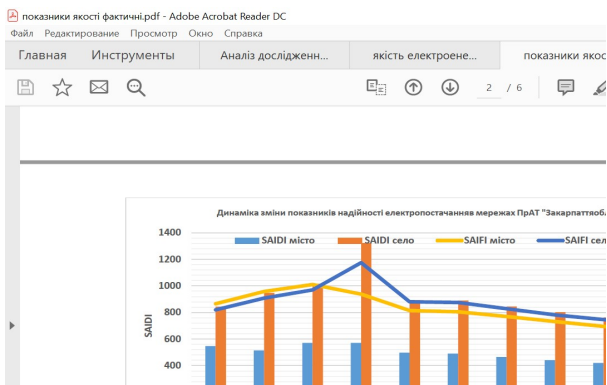


Рис. 1. Діаграма зниження показників якості електропостачання

II. Вирішення цієї проблеми на сучасному етапі цілком покладається на споживачів та може бути досягнуто за допомогою спеціальних приладів вимірювання і контролю якості параметрів системи електропостачання, які виконуватимуть наступні функції [6]:

- вимірювання величин критичних характеристик;

- фіксація всіх подій в одному або декількох каналах;
- створення бази даних отриманої інформації;
- узагальнення і аналіз фактів, на підставі яких отримують принципи закономірності.

Аналізатори показників електроенергії також дозволяють:

- отримати достовірні дані про властивості вхідної потужності на безперервному тривалому інтервалі спостереження;
- виявити джерела втрат;
- виявити взаємозалежні збої;
- оптимізувати енергоспоживання;
- організувати своєчасне оповіщення відповідальних співробітників про вихід з штатного режиму;
- запобігти різним аварійним ситуаціям;
- усунути неполадки в енергосистемі на початковій стадії.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Кузнецов В.Г., Шполянський О.Г., Яремчук Н.А. Узагальнений показник якості енергії в електричних мережах і системах // *Технічна електродинаміка*. 2011. № 3 С. 46-52.
2. Бунько В.Я. Аналіз дослідження та визначення показників якості електричної енергії з переважно індуктивним навантаженням / В. Я. Бунько // *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія : Технічні науки*. - 2018. - Т. 29(68), № 1(2). - С. 67-71.
3. НКРЕКП, Постанова від 14.03.2018 № 310 «Про затвердження Кодексу систем розподілу» / [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://www.nerc.gov.ua/?id=31909>.
4. Бунько В. Я. Питання якості електричної енергії в розподільних пристроях систем електропостачання / В. Я. Бунько // *Молодий вчений*. - 2016. - № 1(3). - С. 99-103.
5. Володарський Є.Т., Волошко А.В. Система моніторингу якості електричної енергії в децентралізованих системах електропостачання. / *Восточно-Европейський журнал передових технологій. Серія : Енергосберегаючі технології*. - 2014. 3/8 (69). С. 10-16.
6. Измерительные приборы и калибровочная техника НПФ, ООО Харьков-Прибор / [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://www.ua-region.info/32134294>.