

джерел, горючих відходів згубних для довкілля, які підлягають знешкодженню, викидів як додаткового джерела енергоресурсів.

Список використаних джерел

1. Рожко А.О. Перспективи використання відновлювальних джерел енергії в Україні//Енергосбережение. – 2007. – с. 252.
2. Закон України "Про електроенергетику" щодо стимулювання виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії від 20.11.2012 р., № 5485-VI.
3. Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України з питань оподаткування щодо стимулювання використання альтернативних джерел енергії та видів палива» від 16.03.2007 р., № 760-V.
4. Паливно-енергетичні ресурси. Перспективи України.//Новини та пріоритети енергетики. – 2005, №1.

Богдан СОЛОВЙОВ

магістрант

Наукові керівники:

к.т.н., доцент Ігор ГАРАСИМЧУК

к.т.н., доцент Павло ПОТАПСЬКИЙ

Подільський державний

аграрно-технічний університет

м. Кам'янець-Подільський

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Як відомо, існує дві основні групи спотворень якості електричної енергії: стаціонарні (або квазістаціонарні) і спотворення, що змінюються у часі [1]. Гармоніки та інтергармоніки, колювання напруги і небаланс напруг відносяться до першої групи, а перехідні процеси напруги (voltage transient), зниження/перевищення напруги, переривання напруги та інші високочастотні спотворення складають другу групу. Велика кількість методів обробки інформаційних сигналів використовується для визначення показників якості електричної енергії. Так одним із найбільш поширених є, так званий, метод середньоквадратичних значень на основі апроксимації кривої вхідного сигналу спеціальною функцією, яка забезпечує задовільну апроксимацію амплітуди основної частоти електричної мережі. Перевагою даного методу є його простота, швидкість обчислень, незначний об'єм пам'яті для зберігання результатів обчислень [2]. Але його результати дуже залежать від розміру обчислювального вікна і при цьому не розрізняються гармоніки та компоненти шуму. На даний час цей метод використовується тільки для визначення середньоквадратичного значення напруги електричної мережі та для автоматичної класифікації сигналів. Необхідно також відмітити широке застосування для визначення показників

якості електричної енергії фільтрів Калмана, які визначають просторовий стан моделі сигналу для визначення амплітуди і фази основної частоти і гармонік навіть за наявності шуму [3]. Недоліком є велика похибка при визначенні короткочасних і високочастотних спотворень.

Найбільш широко використовуваним апаратом для аналізу параметрів якості електричної енергії є швидке перетворення Фур'є (ШПФ), яке трансформує сигнал із часового простору у частотний його декомпозицією на декілька частотних компонент [4]. Але алгоритм Фур'є має декілька джерел методичних похибок, які призводять до зниження точності результатів аналізу та його якісного спотворення. Головним недоліком є обмеженість частотної роздільності та недостатня точність оцінки частоти окремої гармонічної компоненти. У першому випадку – це роздільна здатність розділення двох спектральних компонент із близькими частотами, а в другому – правильність визначення частоти відокремленої гармонічної компоненти.

Для збільшення точності проведення перетворення Фур'є використовують цілий ряд додаткових математичних перетворень. Таким чином, задля виключення з розрахунків ефекту розсіювання (коли довжина часової вибірки функції, яка аналізується, не дорівнює періоду) проводиться синхронізація частоти сигналу з частотою дискретизації [5], доповнення нулями вихідної вибірки аналізуємого сигналу [6] та використовуються часові чи спектральні вікна [7]. Діючим способом зменшення спектральних витоків слід вважати застосування віконних функцій у відповідності із інтерполяційним алгоритмом. Але вказані способи не дають збільшення частотної роздільності. Використання часових чи спектральних вікон дає можливість зменшити ефект розсіювання через погіршення частотної роздільності (через виключення частоти інформації про функцію), а у разі доповнення вихідної вибірки нулями зростає вибірність оцінювання частот вузькосмугових спектральних піків через зменшення нерівномірності амплітудно-частотної характеристики і похибок, що пов'язані з її нерівномірністю. Здебільшого, розглянуті засоби ідентифікації спотворень, використовуються для простих (однотипних) спотворень. Відносно електроенергетичних систем слід зазначити їх особливість – це присутність в одному інтервалі часу (періоді) кількох видів спотворень сигналу. Ідентифікація двох видів спотворень висвітлена такими дослідниками, AbdelGalil (2004 р.) та (2006 р.). Далі Riberio у 2007 році пропонував спосіб поділу електричного сигналу на ряд компонент для класифікації спотворень у електричній мережі. Але цей підхід був досить складним і не давав можливості класифікувати флікер (коливання частоти), інтергармоніки та несиметрію. Lie (2007 р.) запропонував один з варіантів опорних векторів (SVM) для розпізнання складних спотворень. Хоч це і дало можливість ідентифікувати напругу і гармоніки одночасно, але розпізнання потребувало досить багато часу на попередньо зібраних даних для тренування моделі. Nuvarinen (1999 р.) зпропонував метод ICA (Independed component analysis), який в (2009 р.) D. Ferreira корегував для розпізнання декількох одночасних спотворень. Данній метод міг виділяти інформацію між незалежними, один від одного, джерелами спотворень для моделювання

експериментальних даних. Та його використання в електричній мережі дає досить неточні результати, що обумовлені присутністю шумових компонент та інших інформаційних сигналів.

Використання вейвлет-аналізу для розпізнання і класифікації спотворень ЯЕЕ широко почало розроблятися в 2000 році. Доречно відмітити роботи Yang (2000 р.), Elmitwally та Yang (2001 р.), Gaouda (1999 р.), основною метою яких ставилось знищення шуму спотвореного сигналу, його визначенням та локалізацією. Наступні дослідження показали сильну залежність вектору ознак ідентифікації від шуму. Dwivedi у 2009 році пропонував простий та комплексний методи задля побудови вектору ознак розпізнання спотворень сигналу за наявності шуму. Запропонований метод не потребував складної роботи стосовно видаленню шуму обробкою кожного вейвлет-коефіцієнту та ґрунтувався на техніці Колмогорова-Смирнова.

Роблячи висновок з багатьох наукових публікацій моніторинг виявлення наявності спотворень ЯЕЕ у реальному часі на даний час неможливий, так як їх визначення потребує часу для збору даних та їх статистичної обробки. При цьому кожен тип спотворення потребує для своєї ідентифікації окремого алгоритму та математичного апарату.

Через це доречним з науково-практичної точки зору є розробка способу визначення наявності спотворення (не залежно від його класу) в реальному часі, які дозволять:

- визначати та ідентифікувати наявності спотворення напруги і струму;
- забезпечити визначення окремих типів спотворення, які одночасно наявні у електричній мережі.

Список використаних джерел

1. ГОСТ 13109–97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [Текст] / Минск: ИПК. Изд-во стандартов, 1998. – 30 с.
2. Dash P. Frequency Estimation of Distorted Power System Signals Using Extended Complex Kalman Filter [Text] / P. Dash, A. Pradham, G. Pauda // IEEE Trans. on Power Delivery. – 1999. – Vol. 14, № 3. – P. 230–238.
3. Залмазон Л. А. Преобразования Фурье, Уолша, Хаара и их применение в управлении, связи и других областях [Текст] / Л. А. Залмазон. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. 1989. – 496 с.
4. Волошко А. В. Устранение влияния нестабильности частоты сети на точность определения качества электрической энергии [Текст] / А. В. Волошко, О. В. Коцарь // Техническая электродинамика. –1994. – № 4.
5. Марпл С. Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения [Текст] / С. Л. Марпл. – М.: Мир, 1990. – 584 с.
6. Блейхут Р. Быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов: Пер. с англ. [Текст] / Р. Блейхут. – М.: Мир, 1989. – 448 с.
7. Andria, G. A Windows and Interpolation Algorithms to Improve Electrical Measurement Accuracy [Text] / G. Andria, H. Savino, A. Trotta // Transaction on Instrumentation and Measurement. – 1989. – Vol. 38, № 4. – P. 856–863.