

УДК 621.311

В.В. Пригоцький

Науковий керівник д-р техн. наук, професор Волошко А.В.

ГАРМОНІКИ. ЇХ ВПЛИВ НА СПОЖИВАЧІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ТА СПОСОБИ ВИЗНАЧЕННЯ

Наведено результати досліджень модифікованого методу визначення гармонік на основі пакетного вейвлет-перетворення.

Ключові слова: армоніка, вейвлет-перетворення, синусоїдальний сигнал.

The results of researches of the modified method of determination of harmonics and flicker on the basis of batch wavelet transformation are given.

Key words: harmonic, wavelet transform, sinusoidal signal

Вступ.

Під якістю електричної енергії розуміють відповідність її показників, що характеризують напругу і частоту в електричній мережі, деяким нормованим значенням. Розрізняють наступні характеристики електричної енергії: відхилення (зниження та перевищення) напруги, провал напруги, спотворення форми напруги, несиметрія трифазної системи напруг, відхилення частоти, імпульсні спотворення напруги. Даним характеристикам відповідають певні показники якості електричної енергії (ПЯЕЕ).

Як показав аналіз, найбільш важливими характеристиками якості електричної енергії з точки зору їх впливу на надійність та ефективність функціонування електроенергетичної галузі є наступні: зниження (провал) напруги та її перевищення (перенапруга), імпульс напруги та короточасні перенапруги, нарівні з провалом напруги є характеристиками електромагнітних перехідних завад та несинусоїдальність. В даній роботі розглядається розробка модифікованого способу визначення гармонічного складу мережевої напруги.

Аналіз досліджень та публікацій.

Як відомо, несинусоїдальність електричної напруги нормується коефіцієнтом спотворення і коефіцієнтом n – ої гармонійної складової напруги. Наявність гармонік призводить до виникнення паразитних полів та електромагнітних моментів в синхронних та асинхронних двигунах; прискореного старіння ізоляції електричних машин, трансформаторів, кабелів; погіршення коефіцієнту потужності електроприймачів; погіршення або порушення роботи пристроїв автоматики, телемеханіки, комп'ютерної техніки; зростання похибки вимірювань індукційних лічильників електроенергії; порушення роботи самих вентильних перетворювачів; додаткових втрат напруги, активної потужності у всіх елементах системи електропостачання: лініях електропередачі, трансформаторах, електричних машинах, статистичних конденсаторах.

Зважаючи на процент впливу на техніко-економічні показники функціонування електроенергетичної галузі України від наявності в електричній енергії тих чи інших спотворень її якості, у даній роботі розглядається спотворення якості електричної енергії- несинусоїдальність, з метою розробки способу її визначення.

Викладення матеріалу і результати дослідження.

Найбільш широко використовуваним апаратом для аналізу параметрів якості електричної енергії є швидке перетворення Фур'є (ШПФ), яке придатне для

моніторингу якості електричної енергії в стаціонарному стані, але обмежене в пошуках нестационарних спотворень, таких як провали напруги, швидкоплинні спотворення (коливання або імпульси). При цьому необхідно відмітити наступне.

По-перше, при проведенні гармонічного аналізу за допомогою ШПФ можливим є визначення тільки амплітуди та початкового кута гармоніки, час та тривалість даного спотворення залишаються невизначеними. По-друге, для випадку сигналу з однією гармонікою із різною амплітудою і тривалістю ШПФ дозволяє ідентифікувати тільки її наявність.

В зв'язку з цим, в роботі розглядається застосування порівняно нового математичного апарату як вейвлет-аналіз. Як показують результати багатьох досліджень, для аналізу структури сигналів різноманітної тривалості необхідні частотно-часові атоми з різноманітними часовими носіями. У вейвлет-перетворенні, в якості сімейства таких частотно-часових атомів, застосовується вейвлет-функція $\psi_{u,s}(t)$ в результаті її масштабування на величину s і зсуву – на величину u :

$$\psi_{u,s}(t) = \frac{1}{\sqrt{s}} \psi\left(\frac{t-u}{s}\right)$$

Проведено порівняльний аналіз результатів обробки сигналів за допомогою Фур'є та вейвлет-аналізу. Були розглянуті моделі двох характерних видів сигналів, перший це наявність стрибків першого роду (рис. 1 а, та 2 а) подібно ГЕН, другий – одночасна наявність у сигналі декількох гармонік – третьої та п'ятої (рис. 1 б, рис 2 б).

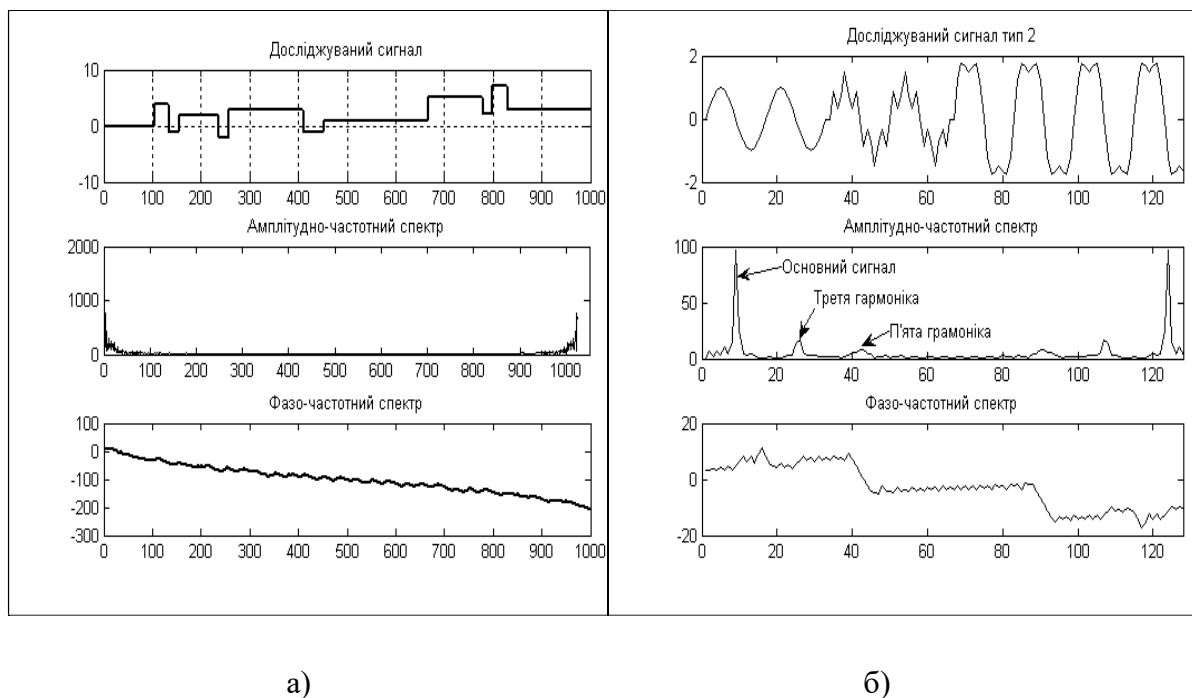


Рисунок 1 – Результати проведення Фур'є-аналізу сигналів із наявністю а) розривів I роду (перепадів амплітуди) та б) третьої та п'ятої гармонік

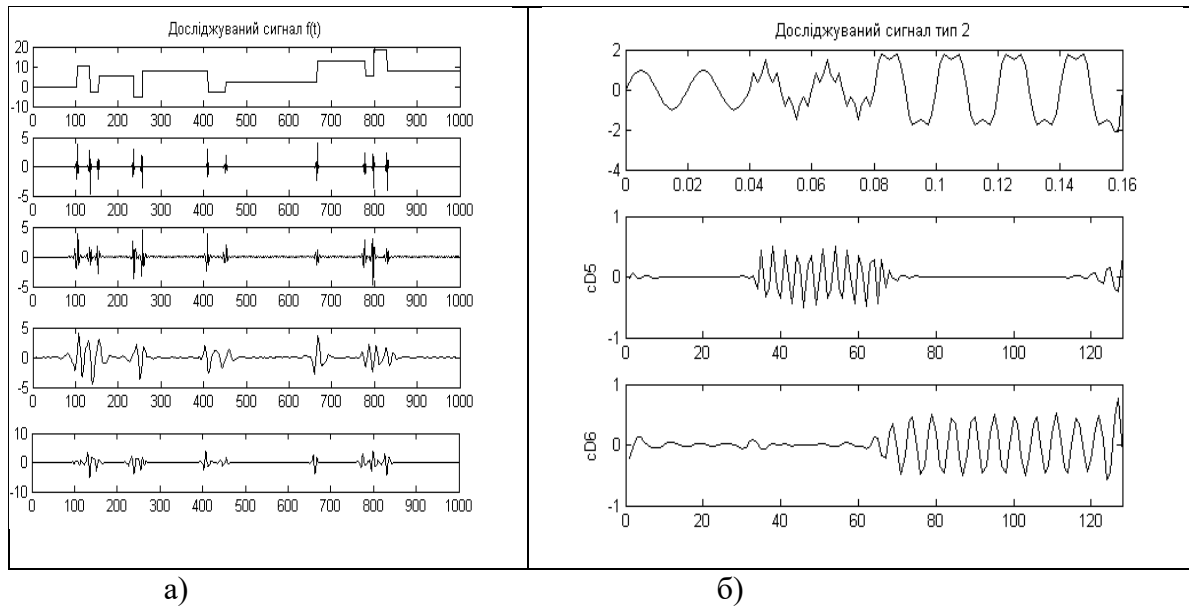


Рисунок 2 – Результати проведення вейвлет-аналізу для сигналів на рис. $cD1$ – $cD4$ – деталізуючі коефіцієнти вейвлет-перетворення першого – четвертого рівня (j – від 1 до 4)

Результати Фур'є-аналізу свідчать про наявність аномалій у сигналі (рис. 1 а) та наявність третьої та п'ятої гармоніки (рис. 1 б), але без ідентифікації часу їх виникнення та тривалості. Результати вейвлет-аналізу, які представлені на рис. 2 а, показують наступне. Значення вейвлет-коефіцієнтів першого рівня вейвлет-аналізу ($Wf(u,21)$) – $cD1$ свідчать про наявність аномалій у сигналі, характеризують час їх виникнення та тривалість. Зменшення масштабу вейвлет-перетворення дозволяє деталізувати аномалії ($cD2$ – $cD4$). Рівень розкладання залежить від частоти дискретизації, яка обирається відповідно до теореми Котельникова. У нашому випадку при частоті дискретизації 12,8 кГц маємо 1024 дискретних значень, що відповідає рівню вейвлет-декомпозиції $j = \log(1024) = 7$. Аналіз рис. 2 б показує не тільки наявність у сигналі третьої та п'ятої гармоніки (частотний діапазон $cD5$ відповідає 200 – 400 Гц, а $cD6$ - 100 – 200 Гц), а і їх тривалість.

Таким чином застосування вейвлет-перетворення дозволяє виявити час виникнення спотворень сигналу, та їх тривалість за рахунок порівневого послідовного зменшення масштабу і тим самим розбиття сигналу на частотні піддіапазони.

Список використаної літератури

1. Волошко А.В. Выполнение гармонического анализа с помощью вейвлет преобразования//Электронное моделирование. – 2012. – « 4. – С. 65 – 77.
2. Осипов Д.С. Модели и методы вейвлет анализа несинусоидальных нестационарных режимов электрических сетей 0,4–110 кв. – 2018 - 306 с.