

ОЦІНЮВАННЯ ЧАСТОТИ В СУЧАСНИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Бірюков М.Л., Тріска Н.Р.

Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

E-mail: nlbir@ukr.net, ntriska@ukr.net

FREQUENCY ESTIMATION IN THE MODERN INTELLIGENT POWER NETWORKS

The main trends of the current power supply networks modernization according to the “smart grids” concept are summarized. This concept involves the advanced digital processing technics and the modern information and communication technologies. The role of the precise frequency evaluation in smart grids is increasing, and some traditional metrics of synchronization signals evaluation in telecommunication networks can be useful in this context. Some results of the experimental study of power signals frequency estimation are presented.

Сучасні тенденції розвитку електроенергетичної галузі на засадах лібералізації енергетичного ринку та широкого запровадження виробництва електроенергії з відновлюваних джерел (“зелена” енергетика) потребують нових підходів до розбудови, модернізації та експлуатації енергосистем. Модернізація інфраструктури та технологічних процесів здійснюється в рамках концепції створення “інтелектуальних мереж електропостачання” (англійський термін – “smart grid”) на базі сучасних інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) [1, 2]. Для забезпечення надійної та ефективної експлуатації систем “smart grid” необхідний інтенсивний та всебічний моніторинг характеристик електричних сигналів з використанням сучасних методів обробки сигналів [2, 3].

Одним з базових параметрів енергосистеми, що підлягає вимірюванню й аналізу, є основна частота, яка використовується для визначення робочого стану системи і контролю якості електроенергії, а також є основою для оцінювання інших параметрів [4]. Із запровадженням технічних рішень “smart grid” вимоги до точності оцінювання робочої частоти в енергосистемі зростають. В енергосистемах часто спостерігаються перехідні процеси та аномальні умови, тому криві напруги та струму не будуть чисто синусоїдальними. Традиційні методи оцінювання частоти (зокрема, алгоритми, засновані на переходах через нуль), можуть давати велику похибку [3]. Тому необхідно розробляти більш швидкі та точні методи оцінювання частоти спотворених та нестационарних сигналів. В цьому контексті представляє інтерес застосування математичного апарату, що традиційно використовується для оцінювання параметрів сигналів синхронізації (зокрема, точності та стабільності частоти) в телекомунікаційних мережах, для вирішення завдань цифрової обробки сигналів в сучасних енергосистемах. Так, за допомогою метрик сигналів синхронізації, не чутливих до лінійної нестационарності процесів (наприклад, функцій родини дисперсії Алана), можна оцінити

потужність та спектральні властивості модулюючих коливань.

З метою дослідження нових можливостей оцінювання частоти сигналів в енергетичних системах, було проведено вимірювання параметрів робочого сигналу енергосистеми з номінальною частотою 50 Гц. На рис. 1 наведено результати оцінювання періоду і частоти цього сигналу протягом 60 с (верхній ряд на рисунку) та 10 с (нижній ряд). Для обох випадків розраховано часову помилку (TE^1) та нормовані значення частоти $y = (f - f_0)/f_0$, де f_0 – номінальне значення частоти (50 Гц).

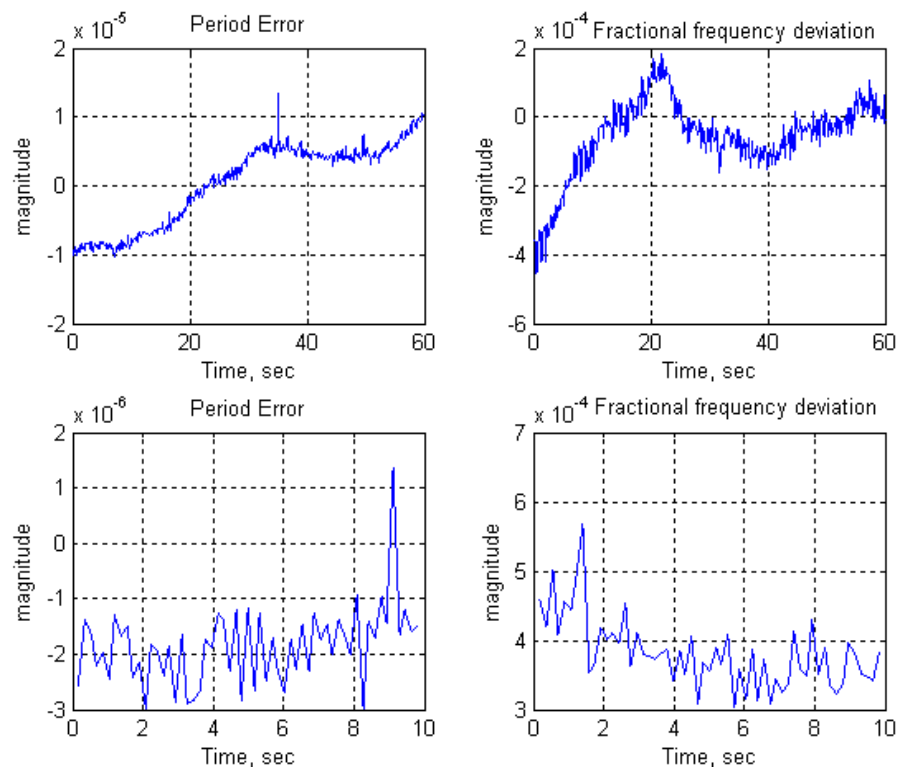


Рис. 1. Результати дослідження робочого сигналу енергосистеми (50 Гц) в частотній та часовій областях.

Нестационарний характер спотворень форми робочого сигналу в енергосистемі вимагає точного інструменту аналізу, а його візуалізація є необхідною для оцінювання якості електроенергії, наприклад, для визначення впливу гармонік на електронні пристрої та встановлення обмежень для нестационарних гармонік. Відслідковування часових змін гармонік дозволяє оцінити процеси підвищення температури та пов'язаного з ним старіння обладнання.

На рис. 2 наведено оцінки максимальних (MaxP2P), мінімальних (minP2P) та середніх (AverP2P) значень розмахів (P2P – peak-to-peak) вимірюваних сигналів на різних інтервалах часу спостереження. В даному випадку поточні значення частоти відхиляються від номінальної величини лише на долі проценту, тому представлення вимірюваних значень частоти у порівнянні з шаблоном є недоцільним. Особливості цих оцінок можуть бути використані для оперативного (в режимі реального часу) аналізу точності робочої частоти в енергосистемі.

1) TE – Time Error

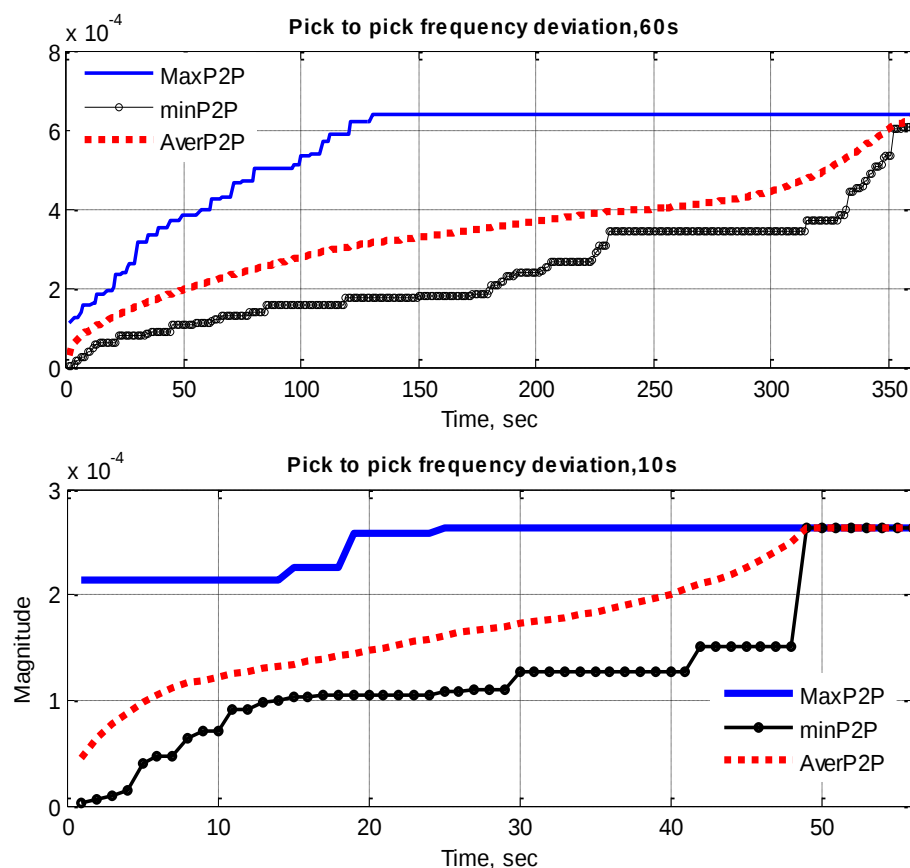


Рис. 2. Оцінки максимальних (MaxP2P), мінімальних (minP2P) та середніх (AverP2P) значень розмахів частоти виміряного сигналу, розраховані на інтервалах спостереження 60 та 10 с.

Таким чином, методи та математичний апарат, що традиційно використовуються для оцінювання параметрів цифрових сигналів в телекомунікаціях, можуть знайти застосування в процесах цифрової обробки сигналів сучасних енергосистем. Зокрема, функції родини дисперсії Алана можуть бути використані для ідентифікації джерел фазових (частотних) спотворень, що впливають на сигнали енергосистеми – по аналогії з ідентифікацією джерел фазових спотворень цифрових сигналів в телекомунікації. Особливості такого застосування та технічна реалізація залишаються для подальшого вивчення.

Література

1. Бирюков Н.Л., Триска Н.Р., Шварц М.Л. Некоторые задачи оценивания частоты в современных энергосистемах. – The 11th International scientific and practical conference – Priority directions of science and technology development (July 11-13, 2021) SPC – Sci-conf.com.ua, Kyiv, Ukraine. 2021. – p. 158-165.
2. Бірюков М.Л., Триска Н.Р. Тенденції цифрової обробки сигналів та синхронізації в електроенергетиці на сучасному етапі. – Науковий журнал "Вісник Університету "Україна". Інфокомунікаційні та комп'ютерні технології", №2/2021 – С. 120-128.
3. Paulo Fernando Ribeiro, Carlos Augusto Duque, Paulo Márcio da Silveira, Augusto Santiago Cerqueira POWER SYSTEMS SIGNAL PROCESSING FOR SMART GRIDS: John Wiley and Sons Ltd, 2014.
4. Правила улаштування електроустановок. Міненерговугілля України, 2017. – 617 с.