

СЕКЦІЯ 8
ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ. ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ.
ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОБЛІКУ
ЕНЕРГОНОСІЇВ

УДК 621.311

**USE OF FFT AND DFT TO EVALUATE HARMONIC CURRENT AND
VOLTAGE DISTORTION**

Filyanin D., Kalinchyk V., Meita O., Pobigaylo V., Zhuravlow A.

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

*E-Mail: daniel_f@rambler.ru, vkalin@i.ua, meyta@meta.ua, pobigaylo@gmail.com,
aazhur@ukr.net*

The presence of non-linear loads and the growing number of distributed generation systems lead to distortion of the shape of voltage and current curves in distribution systems, that is, to the appearance of current and voltage harmonics.

The impact of harmonics is fraught with a disruption in the operation of power equipment and a harmful effect on the consumer's electrical loads.

For the effective implementation of measures to improve the power quality, a correct assessment of the characteristics of distortion is necessary, which largely depends on the harmonic analysis method used.

The classical method of power quality analysis used in power quality monitoring systems is the Fourier Transform.

A feature of the Fast Fourier Transform (FFT) is that with the help of this transformation all components of the output spectrum of the signal are calculated at once. As a result, the original signal $x(t)$ is represented as the sum of harmonics of different frequencies:

$$x(t)=A_1\sin(\omega t+\alpha_1)+A_2\sin(2\omega t+\alpha_2)+\dots+A_n\sin(n\omega t+\alpha_n) \quad (1)$$

where $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ – the harmonic components phase angle of the signal; n – the maximum harmonics order; ω – the angular frequency; A_1, A_2, \dots, A_n – the amplitudes harmonic components of signal $x(t)$.

It can be argued that the FFT is an indicator of the presence of certain harmonic components in the signal in the measurement interval.

A distinctive feature of the Discrete Fourier Transform (DFT) in relation to the FFT is the ability to analyze the original signal for each harmonic separately.

For power supply systems with a frequency of 50 Hz, as the main time interval when measuring power quality indicators, an interval of 10 periods of the fundamental frequency harmonic is taken.

In order to detail the frequency content of the signal in the measurement interval, we will calculate the spectrum points obtained as a result of the FFT using the DFT (Fig. 1) [1].

To do this, it is necessary to multiply each period of the original signal (1) on the main measurement interval by sinusoids and cosine waves of unit amplitude with frequencies obtained as a result of the FFT of the signal, and integrate over the interval of 2π .

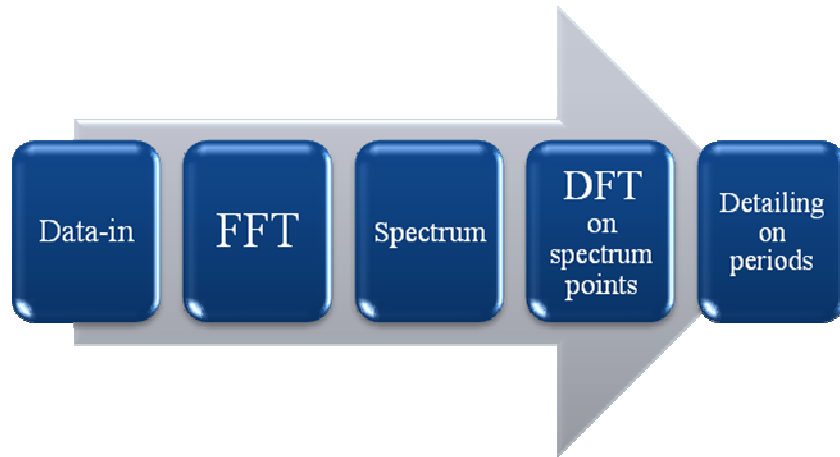


Figure 1. Improvement of the harmonic analysis method

As a result, for each harmonic component in the l -th period of the main measurement interval, we obtain the following system of equations:

$$\begin{cases} A_{kl} \pi \cos \alpha_{kl} = a_{kl} \\ A_{kl} \pi \sin \alpha_{kl} = b_{kl} \end{cases}, \quad (2)$$

where a_{kl} – the integral sum over the interval 2π of product of the signal by the unit amplitude sine of the k -th harmonic on the l -th period of the sample time; A_{kl} , – the amplitude of the k -th harmonic on the l -th period of the sample time; α_{kl} – the phase angle of the k -th harmonic at the l -th period of the sample time; k – harmonic order; $l=1\div 10$ – the serial number of the period of the sample time; b_{kl} – the integral sum over the interval 2π of product of the signal by the unit amplitude cosine of the k -th harmonic on the l -th period of the sample time.

The system of equations (2) is nothing more than a trigonometric representation of a complex number $z_{kl} = a_{kl} + jb_{kl}$. Then the amplitude of the k -th harmonic component in the l th period of the main measurement interval is determined as:

$$A_{kl} = \frac{|z_{kl}|}{\pi},$$

where $|z_{kl}|$ – the absolute value of the complex number z_{kl} .

The phase angle of the k -th harmonic on the l -th period of the sample time:

$$\alpha_{kl} = \arg z_{kl},$$

where $\arg z_{kl}$ – the argument of the complex number z_{kl} .

Thus, with the help of an additional DFT over the periods of the harmonic of the fundamental frequency (DFT over the periods), it is possible to localize the time of

appearance and disappearance of high harmonics with an accuracy of one period of the harmonic of the fundamental frequency.

Keywords: FFT, DFT, power quality, harmonics, harmonic distortion.

References

- [1] D. Filyanin. “Detection and localization of power quality disturbances based on Fast Fourier Transform and Discrete Fourier Transform”, *POWER ENGINEERING: Economics, Technique, Ecology*, № 2, pp. 110–119, 2018

УДК 681.121.84

**АНАЛІЗ ДОДАТКОВИХ СКЛАДОВИХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ РЕЗУЛЬТАТУ
ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ ПЛИННИХ ЕНЕРГОНОСІЇВ ЗА МЕТОДОМ
ЗМІННОГО ПЕРЕПАДУ ТИСКУ**

*Костик І. В., Матіко Ф. Д., Лум'яник О. Г.
Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна
E-mail: ihor.v.kostyk@lpnu.ua*

Економне використання плинних енергоносіїв, основним з яких є природний газ, можливе тільки за умови налагодження точного вимірювання його витрати та кількості. Часто для вимірювання витрати плинних енергоносіїв застосовують витратоміри на основі звужувальних пристроїв (ЗП), зокрема, витратоміри зі стандартними діафрагмами, які характеризуються простотою конструкції, виготовлення, монтажу і можливістю їх застосування в трубопроводах з внутрішнім діаметром від 50 до 3000 мм.

Під час транспортування та розподілення природного газу, його параметри багаторазово змінюються, як внаслідок виконання над газом роботи, так і внаслідок зміни конструктивних параметрів чи умов прокладання газопроводів. У результаті цього в газопроводах виникають ділянки із змінною структурою потоку, зокрема виникають ділянки із нестационарним потоком, а також ділянки зі спотвореним профілем швидкості потоку, перед ЗП. Ці явища негативно впливають на точність вимірювання витрати газоподібного середовища, оскільки спричиняють виникнення додаткових складових невизначеності.

Авторами досліджено додаткові складові невизначеності вимірюваного значення витрати, які виникають внаслідок наявної нестационарності (пульсацій) потоку, виникнення явища резонансу у вимірювальному трубопроводі (ВТ) і пневматичних каналах вимірювальних перетворювачів тиску та перепаду тиску, а також додаткову складову невизначеності, що виникає внаслідок наявності перед діафрагмою виступів у внутрішній порожнині трубопроводу. Встановлено, що додаткові складові невизначеності, спричинені названими явищами та конструктивними особливостями ВТ, можуть сягати декількох відсотків.

Авторами також виконано систематизацію джерел додаткових складових невизначеності вимірюваного значення витрати та виконано аналіз науково-