

УДК 621.311.13

ВАНЬКО В. М., КЛЕПАЧ Н. М.

Національний університет «Львівська політехніка»

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ У МЕРЕЖАХ НА ОСНОВІ КОНТРОЛЮ СТРУМІВ СПОЖИВАННЯ РІЗНОМАНІТНОГО УСТАТКУВАННЯ

**Мета.** В даній статті зосереджено увагу на проблемі контролю рівня якості електроенергії із застосуванням контролю струмів споживання різноманітного устаткування.

**Методика.** В даній роботі описаний вдосконалений алгоритм контролю показників якості електроенергії, необхідних для нормальної роботи енергопостачальних організацій.

**Результати.** Розглянуто алгоритм моделювання що допомагає аналізувати весь інтервал часу контролю якості електроенергії розподіляється на однакові інтервали, протягом яких визначаються вектори-рядки контролю якості.

**Наукова новизна.** Теоретичну цінність в даній праці представляють дослідження повільних коливань напруги мережі.

**Практична цінність.** Прикладне значення роботи полягає у тому, що визначається достовірність інформації моніторингу якості електроенергії у випадках проходження в мережі випадкових процесів, що призводять до порушення періодичності і стаціонарності сигналів. Авторами запропоновано новий алгоритм обчислення, котрий ґрунтується на опрацюванні власне даної вимірювальної інформації.

**Ключові слова:** пульсації, витрати, стабілізація потоку, демпфери, електроенергія, вейвлет перетворення.

**Вступ.** Під час експлуатації різноманітного устаткування в електричних мережах загального призначення часто виникають погіршення якості електроенергії (ЕЕ), причиною появи яких є ввімкнення користувачами специфічних або недозволених технічних пристроїв. Оскільки мережу живлення можна представити у вигляді певної електричної схеми, то її активні і реактивні складові сприятимуть утворенню спадків напруги, котрі додаватимуться до сигналу напруги мережі. Як відомо, це слугує однією із причин зниження якості ЕЕ.

**Постановка завдання.** Слід брати до уваги ту обставину, що інколи через специфічний режим експлуатації характер споживання ЕЕ різними навантаженнями є нерівномірним та із суттєвою випадковою складовою. Як правило, сьогодні для вимірювання електричних сигналів застосовують цифрове опрацювання такої інформації. Але через особливості зміни таких сигналів необхідно використовувати відповідний метод опрацювання подібних даних. На нашу думку таким інструментарієм є дискретне вейвлет-перетворення (ДВП) [1-3]. Особливістю ДВП є той факт, що його коефіцієнти характеризують зміну у часі спектру вейвлет функції.

**Результати дослідження.** Для фіксації та можливості структуровано зчитувати вимірювальні дані, запропоновано використання вимірювального перетворювача струмів споживання. Пропонується структура що складається з формувального блоку, перетворювача даних, блоку управління та персонального комп'ютера. Вхідний струм після нормування у вхідний нормуючий блок трансформується у перетворювач даних та за допомогою аналого-цифрового перетворювача в послідовність цифрових кодів. Ці дані через інтерфейсний блок, що представляє собою буферну схему, наприклад типу USB, пересилаються на персональний комп'ютер. Блок управління забезпечує синхронізацію та функціонування всієї структури вимірювального перетворювача.

З метою гарантування достовірності результатів ДВП було сформовано тестовий сигнал у вигляді синусоїди з частотою повторення, близькою до промислової.

На підставі класифікації електричного і електронного устаткування, проведеної у [4], для подальших досліджень, з використанням описаної вище структури було вибрано чотири навантаження. Для кожного з них було отримано виборки  $\{f_l(k)\}$ , аналогічні до організованої для тестового сигналу. Єдине, що для тестового сигналу амплітуда вибиралась пропорційною граничному значенню  $I_{ex}$ . А при дослідженні даних чотирьох навантажень матимуть місце інші значення амплітуд струмів споживання.

Першим досліджувався портативний обігрівач з вентилятором типу WIMDOM (Китай), для якого осцилограма струму споживання  $I_{ex}(t)$  матиме вигляд на рис. 1. Застосовуючи до такого дискретного сигналу ДВП з базовою функцією  $dmeu$ , отримуємо аналіз розподілу його енергії.

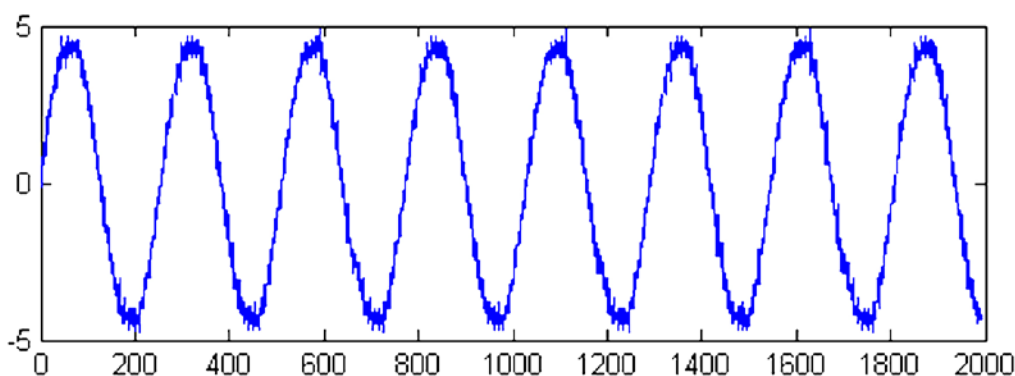


Рис. 1. Осцилограма струму споживання  $I_{ex}(t)$  портативного обігрівача з вентилятором

Щодо спектральних спотворень, то центральна частота  $5355,2 \text{ Гц}$  отримали діюче значення  $I_l = 0,28 \text{ А}$ , а при  $167,4 \text{ Гц}$   $I_{6} = 0,25 \text{ А}$ , що складає  $k_{l,1} = 8,9\%$  та  $k_{l,6} = 7,9\%$ . А це перевищує гранично допустимі норми згідно [5]. Крім того, тут помітна деяка низькочастотна складова (частота  $20,9 \text{ Гц}$ ), котра може бути викликана швидкими коливаннями напруги живлення. Її внесок складає  $I_9 = 0,23 \text{ А}$  або  $k_{l,9} = 7,4\%$ , що також є істотним.

Далі контролювався струм споживання побутового холодильника САРАТОВ моделі 1408. Графіки розподілу енергії ДВП його  $I_{ex}(t)$  з амплітудами  $\pm 5,90 \text{ А}$  показано на рис. 2.

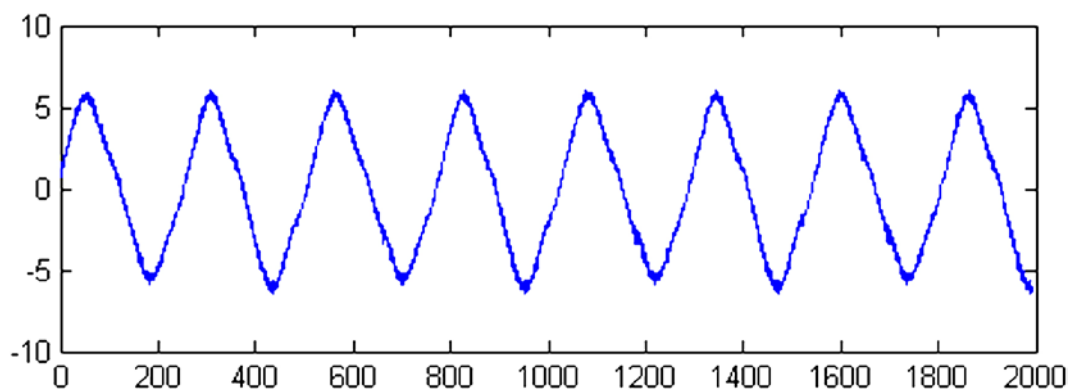


Рис. 2. Осцилограма струму споживання  $I_{ex}(t)$  побутового холодильника

Високочастотні спотворення  $I_{ex}$  виявлено при центральній частоті 334,7 Гц:  $I_{5\%} = 0,22$  А ( $k_{I,5} = 6,0\%$ ) та  $I_{6\%} = 0,46$  А ( $k_{I,6} = 12,5\%$ ), відповідно. При цьому остання складова є неприпустимо великою і може бути причиною появи у напрузі живлення нелінійної складової, що погіршуватиме якість ЕЕ у мережі [6].

В якості наступного об'єкта аналізу розглядалась мікрохвильова піч ARDO типу AMW-17M (Росія). Осцилограма її струму споживання  $I_{ex}(t)$  наведена на рис. 3

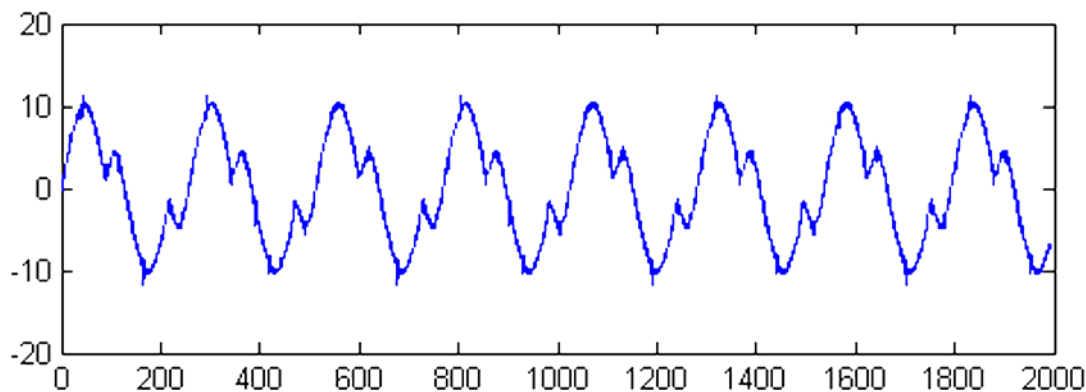


Рис. 3. Осцилограма струму споживання  $I_{ex}(t)$  мікрохвильової печі

Якщо частка промислової частоти складає  $I \cong I_{cn} = 5,99$  А, то серед високочастотних складових можна перерахувати: найвищу по частотах ( $I_1 = 0,50$  А або  $k_{I,1} = 8,3\%$ ); (центральна частота 669,4 Гц), 5 – відповідно,  $I_4 = 0,50$  А або  $k_{I,4} = 4,3\%$ ,  $I_5 = 0,76$  А або  $k_{I,5} = 12,7\%$  та  $I_6 = 1,86$  А або  $k_{I,6} = 31,0\%$ . Крім того, наявна низькочастотна складова ДВП –  $I_9 = 0,51$  А або  $k_{I,9} = 8,5\%$ .

Під час дослідження четвертого навантаження – стаціонарного персонального комп'ютера – можна говорити про специфічну форму осцилограми  $I_{ex}(t)$  (рис. 4).

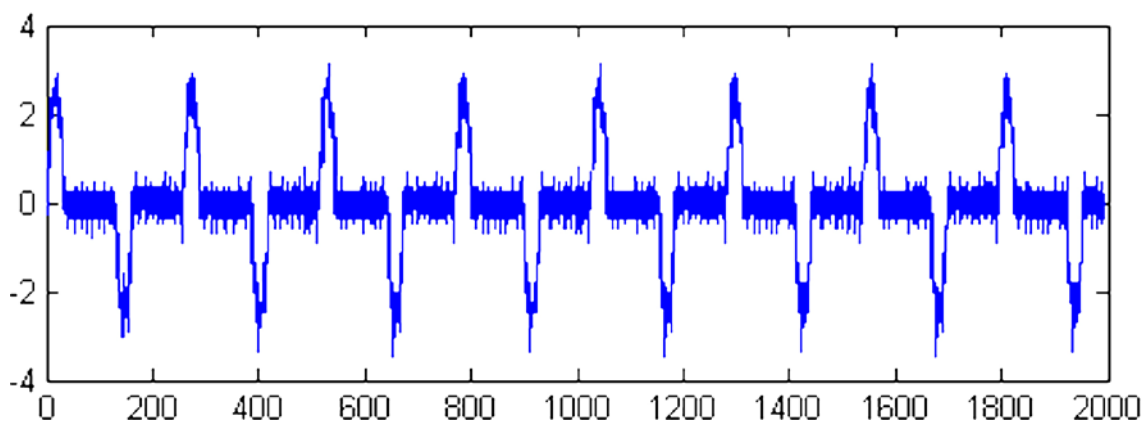


Рис. 4. Осцилограма струму споживання  $I_{ex}(t)$  стаціонарного персонального комп'ютера

Через особливості роботи імпульсного блока живлення комп'ютера має місце дещо незвичний розподіл енергії  $I_{ex}(t)$  по частотному діапазону. Так частка промислової частоти складає  $I \cong I_{cn} = 0,61$  А, ДВП отримуємо  $I_1 = 0,37$  А, на 5-у –  $I_5 = 0,49$  А та  $I_6 = 0,53$  А. Причому, зовсім відсутні низькочастотні спотворення кривої  $I_{ex}(t)$ .

**Висновки.** Завдяки застосуванню ефективного методу діагностування якості електроенергії – шляхом контролю струмів споживання у різних точках мережі – можна

з'ясовувати які підключення навантаження могли спричинити дані спотворення напруги мережі.

Розроблено структуру вимірювального перетворювача струмів споживання електричних та електронних пристроїв, у якому використано дискретне вейвлет-перетворення для опрацювання вимірювальних даних. Це дозволило отримати повнішу картину розподілу енергії струмів споживання пристроїв по частотним діапазонам та встановити причини погіршення якості електроенергії у мережах загального призначення.

Використання даної методики та запропонованого вимірювального перетворювача в подальшому дасть змогу детальніше аналізувати завади в електромережі та, відповідно, вплинути на їх усунення.

### Література

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения: введ. 01.07.2014. – Москва.: Стандартинформ, 2014. – 19 с.
2. Ванько, В.М. Проблеми контролю якості електроенергії в електричних мережах [Опис основних методів контролю якості електроенергії в мережі] / В. М. Ванько, П. Г. Столярчук // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2001. – 58. – С. 47-56.
3. Ванько В.М. Метод оцінки збурень напруги в електричних мережах [Основні методи контролю якості електроенергії в мережі] / В. М. Ванько // Вісник НУ «Львівська політехніка». – 2005. – 544. – С. 19-25.
4. Сегеда М.С. Электричні мережі та системи [Загальний опис методи контролю якості електроенергії в мережі] / М. С. Сегеда. – К.: Каменяр, 2006. – 296 с.
5. Ванько В.М. Організація вимірювання, аналізу та поліпшення якості електроенергії в мережах [Основні методи контролю якості електроенергії в мережі] / В. М. Ванько // Вісник Національного університету «Львівська політехніка» «Теплоенергетика. Інженерія докiлля. Автоматизація». – 2009. – 659. – С. 101-108.;
6. ГОСТ 8.010-99. Методики выполнения измерений. Основные положения: введ. 01.01.2000. – М.: Издательство стандартов, 1999. – 25с.

### References

1. GOST 32144-2013. (2014). Electrical power. Electromagnetic compatibility of technical assets. Norms quality of electrical energy in electric power systems, general purpose. Standartynform , Moscow, - 19 p.
2. Vanko, V., Stolyarchuk, P. (2001). Problems of quality control in the power grids [Quality control in the power grids]. Measuring equipment and metrology, 58, 47-56.
3. Vanko, V. (2005). Valuation disturbances voltage in electrical networks [Quality control in the power grids]. Herald "Lviv Polytechnic" "Electricity and electromechanical systems", 544, 19-25.
4. Seged, M. (1999). Electrical networks and systems.331.
5. Vanko, V. (2009). Organization measurement, analysis and improvement of quality of electricity networks [Analysis of quality of electricity networks]. Bisnyk National University "Lviv Polytechnic".659. 101-108.
6. GOST 8.010-99. (1999). Methods perform measurements. Basic situation. - Enter. Publishing standartov, - 25 p.

## ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕТЯХ НА ОСНОВЕ КОНТРОЛЯ ТОКОВ ПОТРЕБЛЕНИЯ РАЗЛИЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ВАНЬКО В. М., КЛЕПАЧ Н. М.

*Национальный университет «Львовская политехника»*

**Цель.** В данной статье сосредоточено на проблеме контроля уровня качества электроэнергии с применением контроля токов потребления разнообразного оборудования.

**Методика.** В данной работе описан усовершенствованный алгоритм контроля показателей качества электроэнергии, необходимых для нормальной работы энергоснабжающих организаций.

**Результаты.** Рассмотрены алгоритм моделирования что помогает анализировать весь интервал времени контроля качества электроэнергии распределяется на одинаковые интервалы, в течение которых определяются векторы-строки контроля качества.

**Научная новизна.** Теоретическую ценность в данной работе представляют исследования медленных колебаний напряжения сети.

**Практическая ценность.** Прикладное значение работы состоит в том, что определяется достоверность мониторинга качества электроэнергии в случаях прохождения в сети случайных процессов, приводящих к нарушению периодичности и стационарности сигналов. Авторами предложен новый алгоритм вычисления, который основывается на разработке собственно данной измерительной информации.

**Ключевые слова:** пульсации, расходы, стабилизация потока, демпферы, электроэнергия, вейвлет преобразование.

## RESEARCH OF QUALITY OF ELECTRICITY IN NETS ON THE BASIS OF CURRENT CONTROL CONSUMPTION OF DISTINCTIVE EQUIPMENT

VANKO V. M., KLEPACH N. M.

*National University "Lviv Polytechnic"*

**Purpose.** In this article attention is focused on the problem of monitoring the level of quality of electricity with the use of control of consumption currents of various equipment.

**Methods.** In this paper, an improved algorithm for controlling electricity quality indices, necessary for the normal operation of energy supplying organizations, is described.

**Results.** The algorithm of modeling that helps to analyze the whole time interval of the quality control of the electric power is considered at the same intervals during which the vectors-lines of quality control are determined.

**Originality.** Scientific novelty and theoretical value in this paper are studies of the slow fluctuations of network voltage.

**The practical significance.** The applied value of the work lies in the fact that the accuracy of the information is monitored for the quality of electricity in cases of random processes in the network, which leads to violation of the frequency and stationary signals. The author proposed a new algorithm for calculation, which is based on the processing of this particular measurement information.

**Key words:** pulsation, flow rate, flow stabilization, damper, electric power, wavelet transform.