

О. Г. Гриб<sup>1</sup>  
 Д. А. Гапон<sup>1</sup>  
 Т. С. Ієрусалімова<sup>1</sup>  
 М. С. Белов<sup>2</sup>  
 О. В. Лелека<sup>3</sup>

## МОНІТОРИНГ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ З КОНТРОЛЕМ ЯКОСТІ

<sup>1</sup>Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»;

<sup>2</sup>ТОВ «Хартеп», Харків;

<sup>3</sup>ДП НЕК «Укренерго», Київ

*Досліджено споживання електричної енергії з контролем якості у високовольтних мережах. Це дало можливість визначити час та кількість електричної енергії, яка не відповідає нормативним показникам.*

**Ключові слова:** електрична енергія, якість, навантаження, вищі гармоніки, споживання.

### Вступ

На сьогоднішній день велика увага приділяється питанням споживання електричної енергії з одночасним контролем її якості. Це зумовлено тим, що необхідно визначити яка кількість спожитої електроенергії не відповідає вимогам нормативних документів [1].

Важливий напрямок досліджень — створення нового покоління приладів, які дозволяють вимірювати кількість спожитої електроенергії з контролем її якості. Такі прилади дозволяють вимірювати, крім традиційних параметрів електроенергії: напруги, струму, кутів зсуву фаз між напругами і між струмом, активну і реактивну потужності, коефіцієнт потужності і частоту, а також додатково й усі показники якості електричної енергії одночасно. Ці прилади треба використовувати на межі балансової належності, між постачальником та споживачем електричної енергії.

Розроблено нові алгоритми вимірювання електроспоживання для мереж з низькою якістю електричної енергії. Алгоритм передбачає вимірювання сигналів в реальному часі в електричній мережі.

*Метою роботи є дослідження споживання електроенергії з урахуванням якості у високовольтних мережах промислових підприємств.*

### Результати досліджень

З урахуванням зазначеного, світового досвіду на сьогоднішній день розроблено і впроваджено аналізатор і вимірювач показників якості електричної енергії та електроспоживання, а саме цифрова система вимірювання якості електричної енергії «ЦСИКЭ», яка була атестована і має клас точності 0,2 (рис. 1) [2].

На базі цього приладу на ввіді високовольтної підстанції металургійного комбінату, були проведені дослідження електроспоживання та показників якості електричної енергії. Ця система може працювати як за прямого включення 0,4 кВ (пряме включення), так і у високовольтних мережах через вимірювальні трансформатори, у яких на виході 100 В. При підключенні струмових ланцюгів система може працювати як через струмові кліщі, так і через вимірювальні трансформатори. Аналіз досліджень якості електричної енергії показав,



Рис. 1. Цифрова система вимірювання якості електричної енергії типу ЦСИКЭ

що єдиним показником який виходить за норми ГОСТ 13109 — 97 [1], виявився коефіцієнт  $n$ -ї гармонічної складової. Графіки цього коефіцієнта по фазах А, В і С показані на рис. 2—7, а графіки та протоколи вимірювання активної та реактивної потужності з урахуванням якості електричної енергії на рис. 8—11.

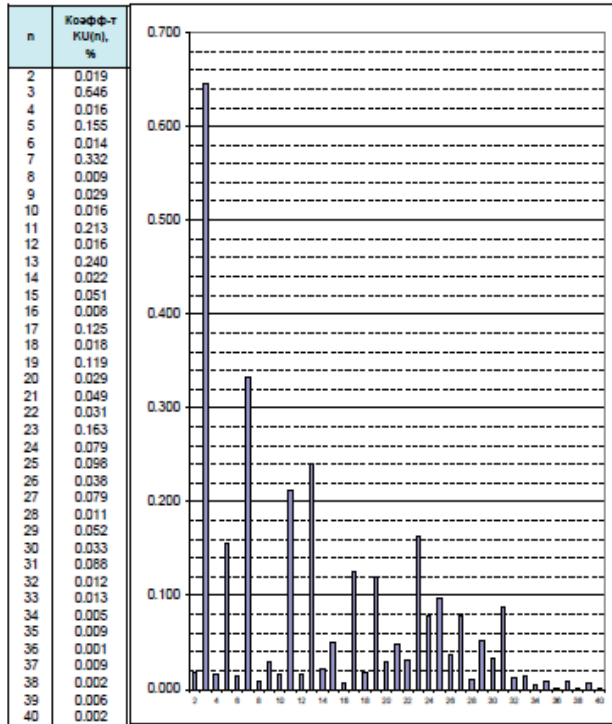


Рис. 2. Графіки коефіцієнтів  $n$ -ї гармонічної складової напруги у фазі А

Гармоніка, №	Допустиме значення		Число вимірювань	Число виходів		Годність
	Нормально %	Предельно %		за нормально допустиме значення	за предельно допустиме значення	
2	0.50	0.75	28 799	0	0	1.000
3	1.50	2.25	28 799	0	0	1.000
4	0.30	0.45	28 799	0	0	1.000
5	1.50	2.25	28 799	0	0	1.000
6	0.20	0.30	28 799	38	5	0.000
7	1.00	1.50	28 799	0	0	1.000
8	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
9	0.40	0.60	28 799	0	0	1.000
10	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
11	1.00	1.50	28 799	0	0	1.000
12	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
13	0.70	1.05	28 799	0	0	1.000
14	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
15	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
16	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
17	0.50	0.75	28 799	0	0	1.000
18	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
19	0.40	0.60	28 799	0	0	1.000
20	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
21	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
22	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
23	0.40	0.60	28 799	0	0	1.000
24	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
25	0.40	0.60	28 799	0	0	1.000
26	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
27	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
28	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
29	0.37	0.56	28 799	0	0	1.000
30	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
31	0.36	0.54	28 799	0	0	1.000
32	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
33	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
34	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
35	0.34	0.51	28 799	0	0	1.000
36	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
37	0.33	0.50	28 799	0	0	1.000
38	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
39	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
40	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000

Рис. 3. Протокол вимірювань коефіцієнтів  $n$ -ї гармонічної складової напруги у фазі А

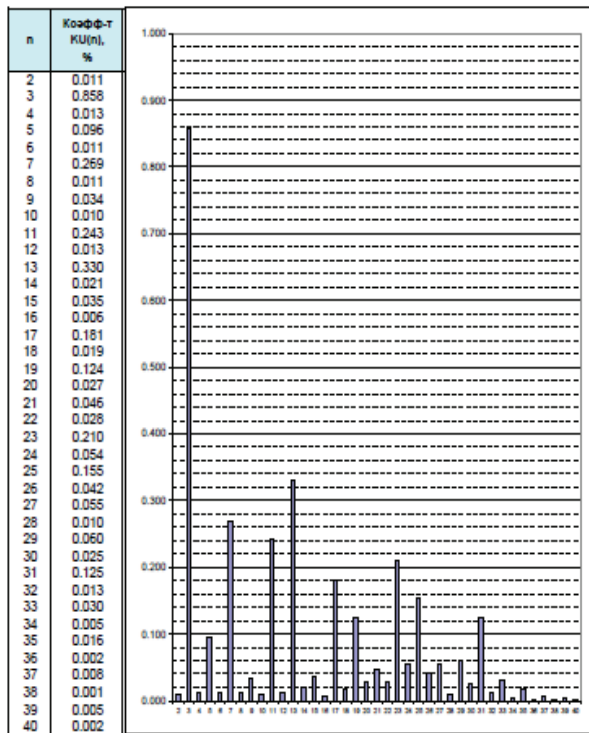
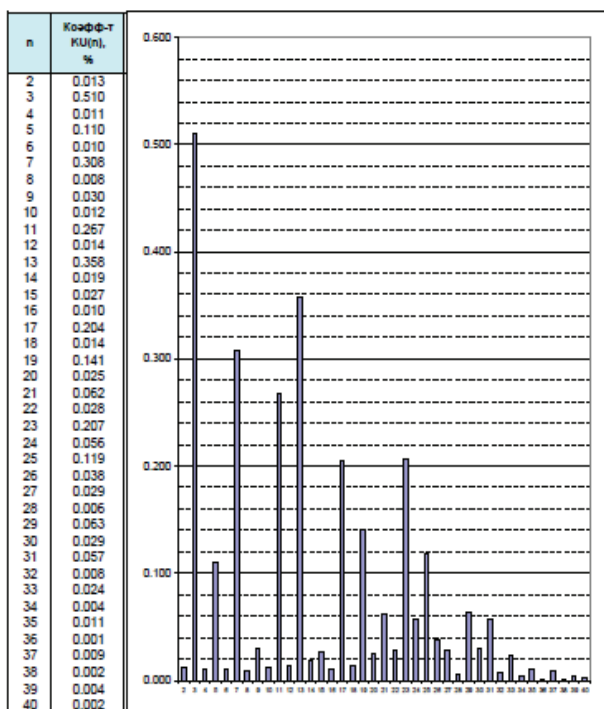


Рис. 4. Графіки коефіцієнтів  $n$ -ї гармонічної складової напруги у фазі В

Гармоніка, №	Допустиме значення		Число вимірювань	Число виходів		Годність
	Нормально %	Предельно %		за нормально допустиме значення	за предельно допустиме значення	
2	0.50	0.75	28 799	0	0	1.000
3	1.50	2.25	28 799	0	0	1.000
4	0.30	0.45	28 799	0	0	1.000
5	1.50	2.25	28 799	0	0	1.000
6	0.20	0.30	28 799	36	7	0.000
7	1.00	1.50	28 799	0	0	1.000
8	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
9	0.40	0.60	28 799	0	0	1.000
10	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
11	1.00	1.50	28 799	0	0	1.000
12	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
13	0.70	1.05	28 799	0	0	1.000
14	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
15	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
16	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
17	0.50	0.75	28 799	0	0	1.000
18	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
19	0.40	0.60	28 799	0	0	1.000
20	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
21	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
22	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
23	0.40	0.60	28 799	228	0	0.992
24	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
25	0.40	0.60	28 799	0	0	1.000
26	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
27	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
28	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
29	0.37	0.56	28 799	0	0	1.000
30	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
31	0.36	0.54	28 799	0	0	1.000
32	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
33	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
34	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
35	0.34	0.51	28 799	0	0	1.000
36	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
37	0.33	0.50	28 799	0	0	1.000
38	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
39	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000
40	0.20	0.30	28 799	0	0	1.000

Рис. 5. Протокол вимірювань коефіцієнтів  $n$ -ї гармонічної складової напруги у фазі В



Гармоніка, №	Допустиме значення		Число вимірювань	Число виходів		Гідність
	Нормально %	Предельно %		за нормально допустимим значенням	за предельно допустимим значенням	
2	0.50	0.75	28 799	0	0	1,000
3	1.50	2.25	28 799	0	0	1,000
4	0.30	0.45	28 799	0	0	1,000
5	1.50	2.25	28 799	0	0	1,000
6	0.20	0.30	28 799	40	13	0,000
7	1.00	1.50	28 799	0	0	1,000
8	0.20	0.30	28 799	0	0	1,000
9	0.40	0.60	28 799	0	0	1,000
10	0.20	0.30	28 799	0	0	1,000
11	1.00	1.50	28 799	0	0	1,000
12	0.20	0.30	28 799	0	0	1,000
13	0.70	1.05	28 799	0	0	1,000
14	0.20	0.30	28 799	0	0	1,000
15	0.20	0.30	28 799	0	0	1,000
16	0.20	0.30	28 799	0	0	1,000
17	0.50	0.75	28 799	0	0	1,000
18	0.20	0.30	28 799	0	0	1,000
19	0.40	0.60	28 799	0	0	1,000
20	0.20	0.30	28 799	0	0	1,000
21	0.20	0.30	28 799	0	0	1,000
22	0.20	0.30	28 799	0	0	1,000
23	0.40	0.60	28 799	472	0	0,984
24	0.20	0.30	28 799	0	0	1,000
25	0.40	0.60	28 799	0	0	1,000
26	0.20	0.30	28 799	0	0	1,000
27	0.20	0.30	28 799	0	0	1,000
28	0.20	0.30	28 799	0	0	1,000
29	0.37	0.56	28 799	0	0	1,000
30	0.20	0.30	28 799	0	0	1,000
31	0.36	0.54	28 799	0	0	1,000
32	0.20	0.30	28 799	0	0	1,000
33	0.20	0.30	28 799	0	0	1,000
34	0.20	0.30	28 799	0	0	1,000
35	0.34	0.51	28 799	0	0	1,000
36	0.20	0.30	28 799	0	0	1,000
37	0.33	0.50	28 799	0	0	1,000
38	0.20	0.30	28 799	0	0	1,000
39	0.20	0.30	28 799	0	0	1,000
40	0.20	0.30	28 799	0	0	1,000

Рис. 6. Графіки коефіцієнтів  $n$ -ї гармонічної складової напруги у фазі С

Рис. 7. Протокол вимірювань коефіцієнтів  $n$ -ї гармонічної складової напруги у фазі С

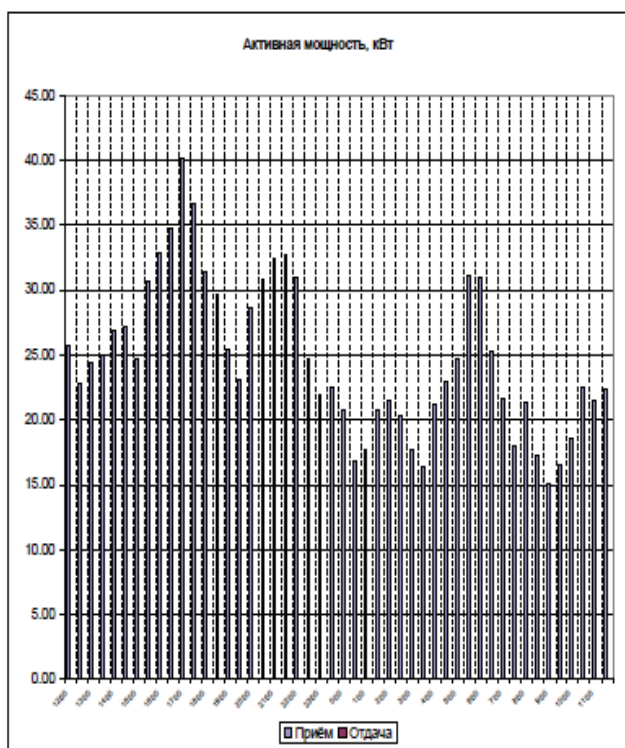


Рис. 8. Графіки активної потужності

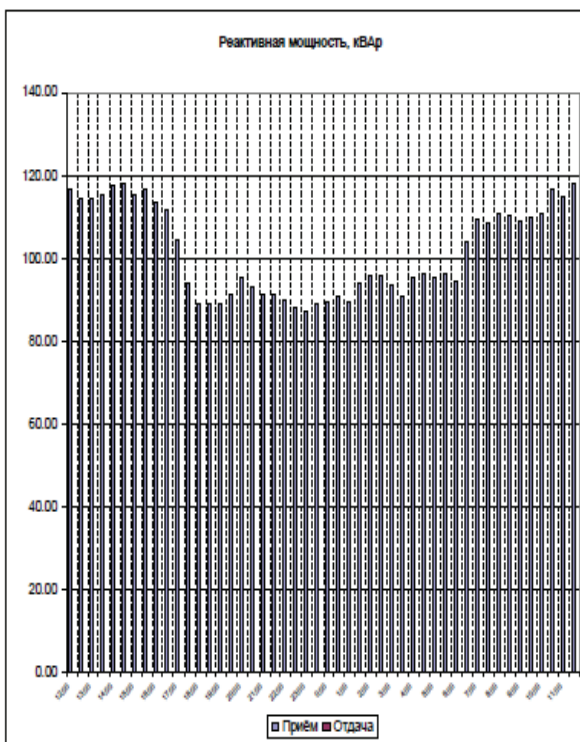


Рис. 9. Графіки реактивної потужності

У показників якості електричної енергії є два види норм, нормально допустимі значення НДЗ (жовтий колір) та гранично допустимі значення ГДЗ (коричневий колір).

Аналіз перевищення коефіцієнта  $n$ -ї гармонічної складової напруги по фазі А:

— по 6-й гармоніці (значення НД уставки 0,2 %) складає такі значення: 0,20; 0,23; 0,21; 0,22; 0,24; 0,28; 0,26; 0,25; 0,29; 0,27.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. — Минск. : ИПК Изд-во стандартов. — 1998. — 30 с.
- Качество электрической энергии. В 2-х т. Т. 2. Контроль качества электрической энергии : монография / [Гриб О. Г., Сокол Е. И., Жаркин А. Ф. и др.] ; под ред. О. Г. Гриба. — Харьков : ПП «Граф-Ікс», 2014 г. — 244 с.

Рекомендована кафедрою електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 19.11.2015

**Гриб Олег Герасимович** — д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри автоматизації енергосистем;  
**Гапон Дмитро Анатолійович** — доцент кафедри автоматизації енергосистем;  
**Ієрусалімова Тетяна Сергіївна** — асистент кафедри автоматизації енергосистем, e-mail: Ierusalimovat@mail.ru .

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків;

**Белов Микола Сергійович** — технічний директор, ТОВ «Хартеп», Харків;

**Лелека Олексій Вікторович** — провідний інженер сектора розвитку автоматизованих систем служби автоматизації технологічних і оперативно-диспетчерських процесів Управління технічних засобів керування Технологічного департаменту, ДП НЕК «Укренерго», Київ

**O. G. Gryb<sup>1</sup>**

**D. A. Gapon<sup>1</sup>**

**T. S. Ierusalimova<sup>1</sup>**

**M. S. Bielov<sup>2</sup>**

**O. V. Leleka<sup>3</sup>**

## Monitoring of Electricity Consumption with Quality Control

<sup>1</sup> National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»;

<sup>2</sup> LLC «Khartep», Kharkiv;

<sup>3</sup> GP NEC «Ukrenergo», Kyiv

*The consumption of electric energy with quality control in high-voltage networks has been investigated. This has given the opportunity to determine the time and amount of electrical energy that is not up to standard indicators.*

**Keywords:** electrical energy, quality, load, harmonics, consumption.

**Gryb Oleg G.** — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Chair of Automation of Electric Power Systems;

**Gapon Dmytro A.** — Assistant Professor of the Chair of Automation of Electric Power Systems;

**Ierusalimova Tetiana S.** — Assistant of the Chair of Automation of Electric Power Systems, e-mail: Ierusalimovat@mail.ru;

**Bielov Mykola S.** — Technical Director;

**Leleka Oleksii V.** — Senior Engineer of the Sector of Development of Automated Systems of Automation of Technological and Cooperative-dispatching Management Processes of Technical Means of Control of Technological Department

**О. Г. Гриб**<sup>1</sup>  
**Д. А. Гапон**<sup>1</sup>  
**Т. С. Иерусалимова**<sup>1</sup>  
**Н. С. Белов**<sup>2</sup>  
**А. В. Лелека**<sup>3</sup>

## **Мониторинг потребления электроэнергии с контролем качества**

<sup>1</sup>Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»;

<sup>2</sup>ООО «Хартэп», Харьков;

<sup>3</sup>ГП НЭК «Укрэнерго», Киев

*Исследовано потребление электрической энергии с контролем качества в высоковольтных сетях. Это дало возможность определить время и количество электрической энергии, которая не соответствует нормативным показателям.*

**Ключевые слова:** электрическая энергия, качество, нагрузка, высшие гармоники, потребление.

*Гриб Олег Герасимович* — д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой автоматизации энергосистем;

*Гапон Дмитрий Анатольевич* — доцент кафедры автоматизации энергосистем;

*Иерусалимова Татьяна Сергеевна* — ассистент кафедры автоматизации энергосистем, e-mail: Ierusalimovat@mail.ru;

*Белов Николай Сергеевич* — технический директор;

*Лелека Алексей Викторович* — ведущий инженер сектора развития автоматизированных систем службы автоматизации технологических и оперативно-диспетчерских процессов Управления технических средств управления Технологического департамента