

УДК 621.311

О. Г. Гриб¹
Д. А. Гапон¹
Т. С. Іерусалімова¹
М. С. Бєлов²
О. В. Лелека³

МОНІТОРИНГ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ З КОНТРОЛЕМ ЯКОСТІ

¹Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»;

² ТОВ «Хартеп», Харків:

³ДП 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 надежності, 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 високовольт-них мережах промислових підприємств.

Результати досліджень

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

На базі цього приладу на вводі 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 графики та протоколи вимірювання активної та реактивної потужності з урахуванням якості електричної енергії на рис. 8—11.

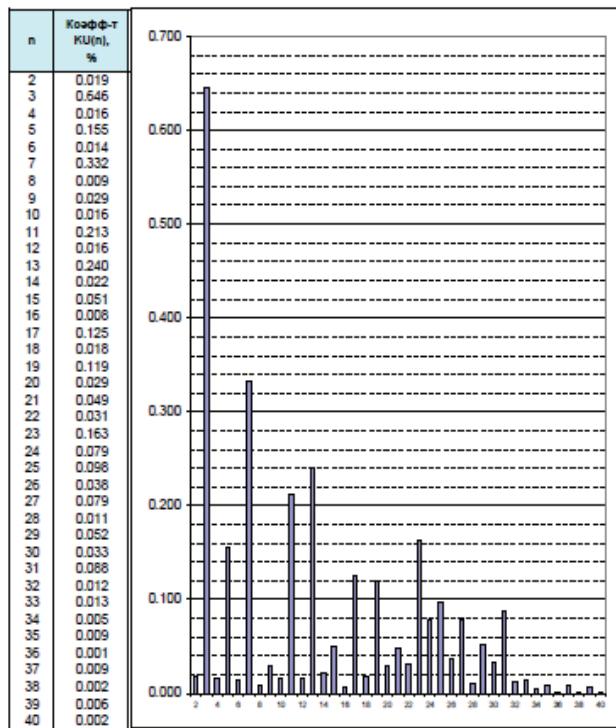


Рис. 2. Графіки коефіцієнтів n -ї гармонічної складової напруги у фазі А

| Гармоника, № | Допустиме значення | | Число замерій | Число виходов | | Годинність |
|--------------|--------------------|-------------|---------------|----------------------------------|----------------------------------|------------|
| | Нормально % | Предельно % | | за нормально допустимое значение | за предельно допустимое значение | |
| 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

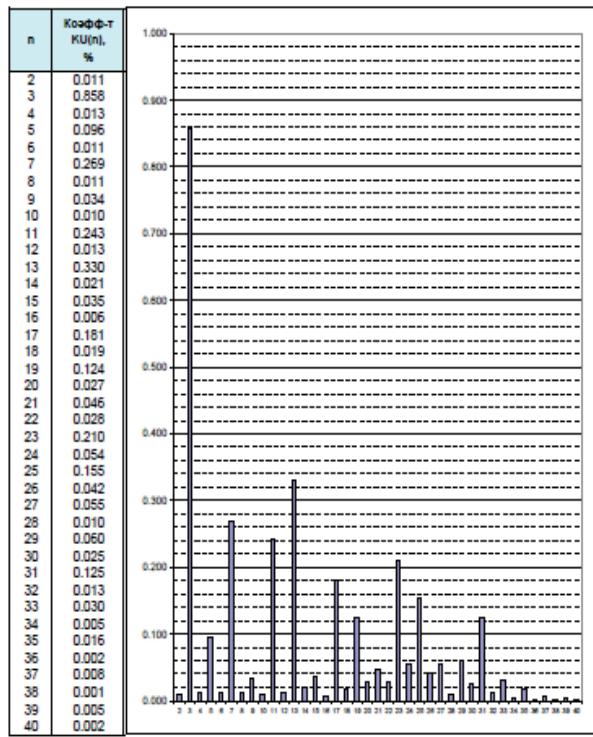


Рис. 4. Графіки коефіцієнтів n -ї гармонічної складової напруги у фазі В

| Гармоника, № | Допустиме значення | | Число замерій | Число виходов | | Годинність |
|--------------|--------------------|-------------|---------------|----------------------------------|----------------------------------|------------|
| | Нормально % | Предельно % | | за нормально допустимое значение | за предельно допустимое значение | |
| 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

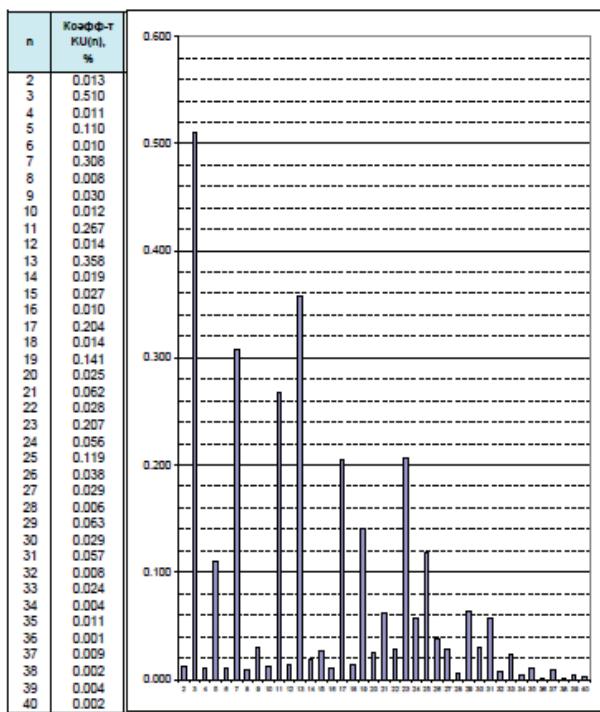


Рис. 6. Графіки коефіцієнтів n -ї гармонічної складової напруги у фазі С

| Гармоніка, № | Допустиме значення | | Число за нормативною кількістю | Число виходів | | Годинність |
|--------------|--------------------|-------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------|
| | Нормальне % | Предельне % | | за нормативне допустимое значение | за предельное допустимое значение | |
| 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. 7. Протокол вимірювань коефіцієнтів n -ї гармонічної складової напруги у фазі С

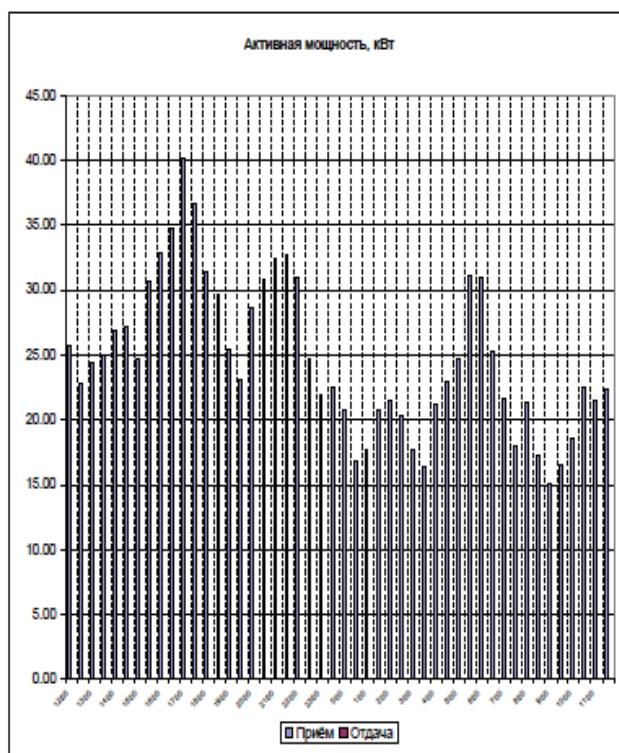


Рис. 8. Графіки активної потужності

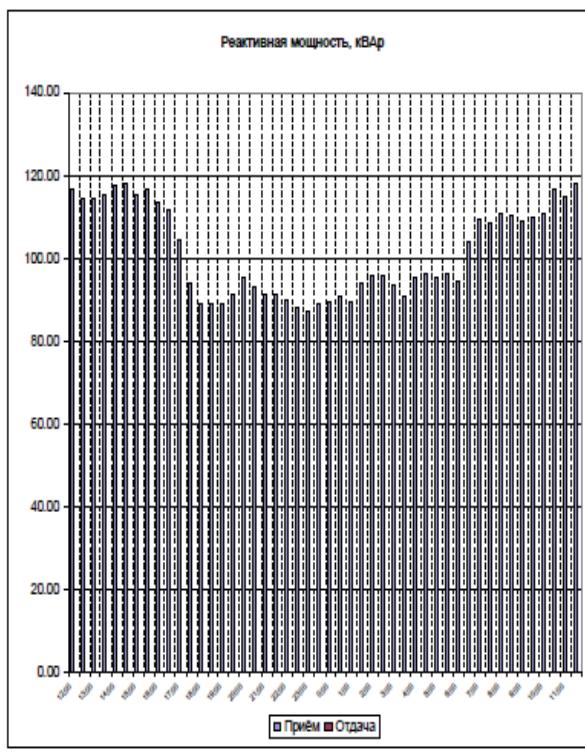


Рис. 9. Графіки реактивної потужності

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-ї 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.

— по 6-й гармоніці (значення ГД уставки 0,3 %) складає такі значення: 0,31; 0,36; 0,34; 0,40.

| № п/п | Інтервал времени измерения | | Потребление | | | | | | Генерация | | | | | |
|------------------|----------------------------|--------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Начало | Конец | Фаза А | Фаза В | Фаза С | 3 фазы | Фаза А | Фаза В | Фаза С | 3 фазы | Фаза А | Фаза В | Фаза С | 3 фазы |
| 1 | 12:00 | 12:30 | 2,71 | 5,05 | 5,10 | 12,86 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 12:30 | 13:00 | 2,21 | 4,54 | 4,62 | 11,36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3 | 13:00 | 13:30 | 2,50 | 4,82 | 4,89 | 12,21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4 | 13:30 | 14:00 | 2,59 | 4,93 | 4,97 | 12,45 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5 | 14:00 | 14:30 | 2,85 | 5,27 | 5,32 | 13,44 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6 | 14:30 | 15:00 | 2,90 | 5,31 | 5,36 | 13,55 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 7 | 15:00 | 15:30 | 2,53 | 4,87 | 4,94 | 12,34 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 8 | 15:30 | 16:00 | 3,54 | 5,80 | 6,00 | 15,34 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 9 | 16:00 | 16:30 | 3,84 | 6,16 | 6,44 | 16,44 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 16:30 | 17:00 | 4,23 | 6,48 | 6,65 | 17,36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 11 | 17:00 | 17:30 | 5,59 | 7,04 | 7,43 | 20,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 12 | 17:30 | 18:00 | 5,54 | 6,21 | 6,61 | 18,36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 13 | 18:00 | 18:30 | 4,73 | 5,31 | 5,68 | 15,72 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 14 | 18:30 | 19:00 | 4,45 | 5,00 | 5,39 | 14,83 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 15 | 19:00 | 19:30 | 3,75 | 4,32 | 4,67 | 12,75 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 16 | 19:30 | 20:00 | 3,30 | 3,96 | 4,29 | 11,54 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 17 | 20:00 | 20:30 | 4,18 | 4,83 | 5,32 | 14,34 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 18 | 20:30 | 21:00 | 4,57 | 5,16 | 5,65 | 15,38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 19 | 21:00 | 21:30 | 4,85 | 5,44 | 5,92 | 16,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 20 | 21:30 | 22:00 | 4,90 | 5,49 | 5,94 | 16,33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21 | 22:00 | 22:30 | 4,65 | 5,22 | 5,64 | 15,52 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 22 | 22:30 | 23:00 | 3,57 | 4,21 | 4,54 | 12,33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 23 | 23:00 | 23:30 | 3,11 | 3,75 | 4,09 | 10,95 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 24 | 23:30 | 0:00 | 3,21 | 3,89 | 4,19 | 11,29 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 25 | 0:00 | 0:30 | 2,89 | 3,56 | 3,90 | 10,37 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 26 | 0:30 | 1:00 | 2,22 | 2,92 | 3,25 | 8,88 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 27 | 1:00 | 1:30 | 2,37 | 3,07 | 3,37 | 8,81 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 28 | 1:30 | 2:00 | 2,83 | 3,61 | 3,96 | 10,40 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 29 | 2:00 | 2:30 | 2,94 | 3,69 | 4,13 | 10,76 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 30 | 2:30 | 3:00 | 2,81 | 3,52 | 3,83 | 10,16 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 31 | 3:00 | 3:30 | 2,36 | 3,12 | 3,37 | 8,85 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 32 | 3:30 | 4:00 | 2,13 | 2,90 | 3,15 | 8,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 33 | 4:00 | 4:30 | 2,90 | 3,70 | 4,00 | 10,59 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 34 | 4:30 | 5:00 | 3,18 | 3,99 | 4,33 | 11,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 35 | 5:00 | 5:30 | 3,50 | 4,29 | 4,59 | 12,37 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 36 | 5:30 | 6:00 | 4,55 | 5,31 | 5,70 | 15,55 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 37 | 6:00 | 6:30 | 4,58 | 5,28 | 5,67 | 15,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 38 | 6:30 | 7:00 | 3,10 | 4,66 | 4,89 | 12,65 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 39 | 7:00 | 7:30 | 2,05 | 4,41 | 4,35 | 10,82 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 40 | 7:30 | 8:00 | 1,90 | 3,81 | 3,71 | 9,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 41 | 8:00 | 8:30 | 2,01 | 4,34 | 4,29 | 10,64 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 42 | 8:30 | 9:00 | 1,38 | 3,69 | 3,58 | 8,65 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 43 | 9:00 | 9:30 | 1,09 | 3,30 | 3,18 | 7,57 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 44 | 9:30 | 10:00 | 1,27 | 3,56 | 3,43 | 8,26 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 45 | 10:00 | 10:30 | 1,60 | 3,90 | 3,78 | 9,28 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 46 | 10:30 | 11:00 | 2,19 | 4,60 | 4,50 | 11,30 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 47 | 11:00 | 11:30 | 2,02 | 4,46 | 4,24 | 10,73 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 48 | 11:30 | 12:00 | 2,12 | 4,56 | 4,48 | 11,16 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Итого | | 149,88 | 217,32 | 227,30 | 554,51 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| "Качественная" | | | | | 485,85 | | | | | | | | | 0,00 |
| "Некачественная" | | | | | 108,66 | | | | | | | | | 0,00 |

Рис. 10. Протокол вимірювання активної потужності з урахуванням якості електроенергії

| № п/п | Інтервал времени измерения | | Потребление | | | | | | Генерация | | | | | |
|-------|----------------------------|-------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Начало | Конец | Фаза А | Фаза В | Фаза С | 3 фазы | Фаза А | Фаза В | Фаза С | 3 фазы | Фаза А | Фаза В | Фаза С | 3 фазы |
| 1 | 12:00 | 12:30 | 20,08 | 18,73 | 19,53 | 58,34 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 12:30 | 13:00 | 19,66 | 18,32 | 19,15 | 57,13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3 | 13:00 | 13:30 | 19,69 | 18,34 | 19,16 | 57,19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 4 | 13:30 | 14:00 | 19,64 | 18,49 | 19,30 | 57,62 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 5 | 14:00 | 14:30 | 20,25 | 18,82 | 19,71 | 58,75 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6 | 14:30 | 15:00 | 20,34 | 18,91 | 19,79 | 59,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 7 | 15:00 | 15:30 | 19,85 | 18,47 | 19,31 | 57,63 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 8 | 15:30 | 16:00 | 20,21 | 18,62 | 19,49 | 58,32 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 9 | 16:00 | 16:30 | 19,71 | 17,96 | 18,99 | 56,66 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 16:30 | 17:00 | 19,38 | 17,74 | 18,67 | 52,79 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 11 | 17:00 | 17:30 | 18,10 | 16,72 | 17,34 | 52,15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 12 | 17:30 | 18:00 | 16,02 | 15,51 | 16,52 | 47,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 13 | 18:00 | 18:30 | 15,14 | 14,74 | 14,67 | 44,55 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 14 | 18:30 | 19:00 | 15,15 | 14,76 | 14,66 | 44,56 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 15 | 19:00 | 19:30 | 15,10 | 14,76 | 14,66 | 44,52 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 16 | 19:30 | 20:00 | 15,43 | 15,05 | 15,06 | 45,58 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 17 | 20:00 | 20:30 | 16,20 | 15,69 | 15,69 | 47,58 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 18 | 20:30 | 21:00 | 15,52 | 14,99 | 14 | | | | | | | | | |

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. 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.

2. 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;
Іерусалімова Тетяна Сергіївна — асистент кафедри автоматизації енергосистем, e-mail:
Ierusalimovat@mail.ru .

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків;
Бєлов 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. Gryb¹
D. A. Gapon¹
T. S. Iierusalimova¹
M. S. Bielov²
O. V. Leleka³

Monitoring of Electricity Consumption with Quality Control

¹ National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute»;

²LLC «Khartep», Kharkiv;

³GP 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;
Iierusalimova 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. Гриб¹
Д. А. Гапон¹
Т. С. Иерусалимова¹
Н. С. Белов²
А. В. Лелека³

Мониторинг потребления электроэнергии с контролем качества

¹Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»;

² ООО «Хартэп», Харьков;

³ГП 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