

## УДК 621.331

В. Г. СИЧЕНКО – д. т. н., професор, завідувач кафедри «Інтелектуальні системи електропостачання», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна, elpostz@i.ua,  
ORCID: 0000-0002-9533-2897

Є. М. КОСАРЕВ – к.т.н., асистент кафедри «Інтелектуальні системи електропостачання», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна, kosarev@e.diit.edu.ua,  
ORCID: 0000-0003-3574-7414

В. В. КУЗНЕЦОВ – к.т.н., доцент кафедри «Електротехніка та електропривод» Національної металургійної академії України, wit\_jane2000@i.ua,  
ORCID: 0000-0002-8169-4598

С. М. МАЛИШ – начальник Шевченківської дистанції електропостачання Одеської залізниці, 4620921cm@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0376-7392

О. П. КОРДІН – начальник Дорожньої електротехнічної лабораторії Придніпровської залізниці, O.Kordin@dp.uz.gov.ua, ORCID:0000-0001-8652-1605

О. А. ДАНИЛОВ – ст. викладач кафедри «Інтелектуальні системи електропостачання», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна, fduch@ua.fm, ORCID: 0000-0002-3566-8284

О. М. ПОЛЯХ – к.т.н., доцент кафедри «Інтелектуальні системи електропостачання», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна, polyah1956@i.ua, ORCID: 0000-0002-1889-0457

О. М. КУРОЧКА – магістрант кафедри «Інтелектуальні системи електропостачання», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна, kurochka\_elena@ukr.net, ORCID: 0000-0001-6557-8362

## ЯКІСТЬ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ШИНАХ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ ТЯГОВИХ ПІДСТАНЦІЙ ЕЛЕКТРИФІКОВАНИХ ЗАЛІЗНИЦЬ

### Вступ

Власні потреби тягової підстанції це сукупність допоміжних електричних пристроїв, що забезпечують роботу тягової підстанції. Приймачами електроенергії власних потреб підстанцій є: електродвигуни системи охолодження трансформаторів; пристрої обігріву масляних вимикачів і шаф розподільчих пристроїв з встановленими в них апаратами та приладами; електричне освітлення та опалення приміщень і освітлення території підстанцій. Найбільш відповідальними приймачами власних потреб є пристрої системи управління, релейного захисту, сигналізації, автоматики і телемеханіки. Від цих приймачів залежить робота основного обладнання підстанцій, припи-

нення їх живлення навіть на короткий час призводить до часткового або повного відключення підстанції. Одним з важливих факторів забезпечення надійної роботи устаткування власних потреб є дотримання необхідних показників якості електричної енергії для забезпечення надійної роботи та ефективного використання електроустаткування [1, 2]. Оскільки від власних потреб отримує живлення лінія автоблокування, то при впровадженні швидкісного руху та використанні нових типів рухомого складу з силовим електрообладнанням і широтно-імпульсною модуляцією тягового струму виникають проблеми з забезпеченням електромагнітної сумісності і якості електроенергії в мережах живлення інформаційно-керуючих систем керування рухом поїздів,

що може несприятливо впливати на безпеку руху поїздів [3].

**Метою роботи** є дослідження показників якості електричної енергії на шинах власних потреб тягових підстанцій постійного та змінного струму.

### Методологія проведення експерименту

Оскільки дослідження показників якості електричної енергії (ПЯЕ) базуються на застосуванні статистичних методів обробки та аналізу експериментальних даних, отриманих в результаті фізичного експерименту та математичного моделювання, експериментальні дослідження виконувались відповідно до розробленої на кафедрі «Інтелектуальні системи електропостачання» методики з використанням розробленого програмно-апаратного комплексу [4].

В процесі експериментального дослідження оцінювались такі ПЯЕ:

- рівень та відхилення напруги;
- коефіцієнт несиметрії за зворотною послідовністю;
- коефіцієнт спотворення синусоїдальності напруги.

Додатково оцінювались рівні споживаної потужності.

Вимірювання проводились на шинах 0,4 кВ тягової підстанції I Придніпровської залізниці та на тяговій підстанції III Одеської залізниці.

### Результати експериментальних досліджень

Якість електричної енергії на тяговій підстанції I.

Тягова підстанція I – проміжна підстанція постійного струму, живляча напруга 154 кВ, встановлена потужність тягової підстанції 16 МВт.

Вибіркові результати вимірювань представлені на рис. 1-6. Зведені статистичні характеристики наведені в табл. 1.

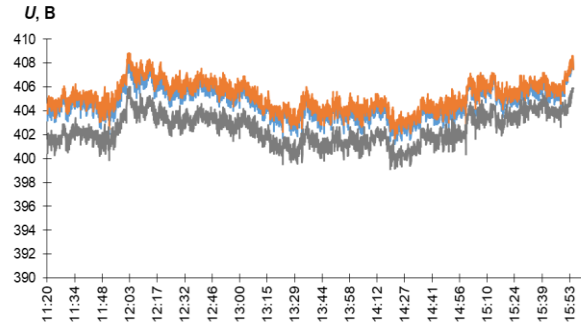


Рис. 1. Напруга на шинах

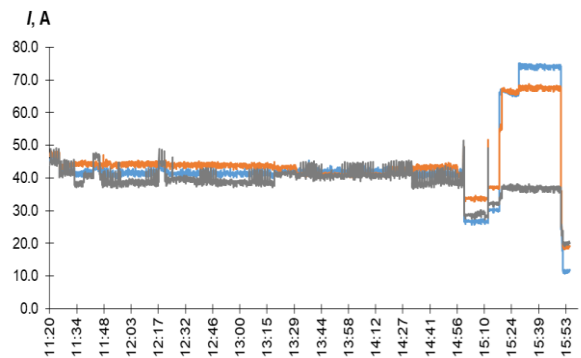


Рис. 2. Споживаний струм

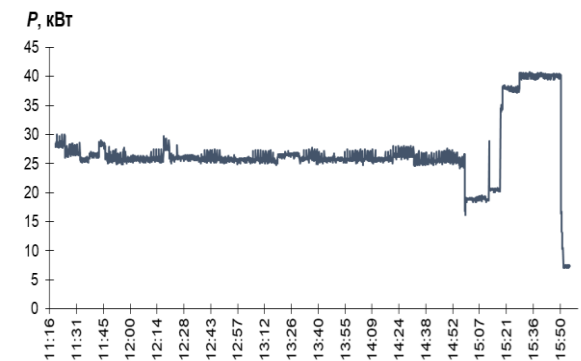


Рис. 3. Споживана активна потужність

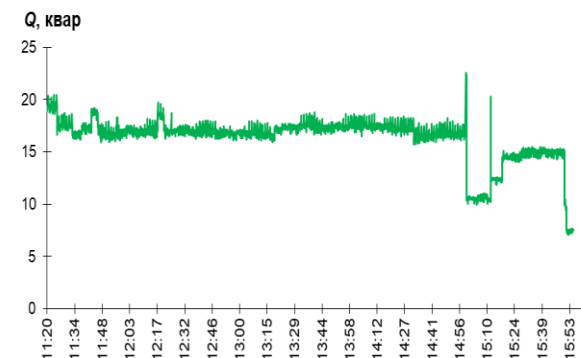


Рис. 4. Реактивна потужність

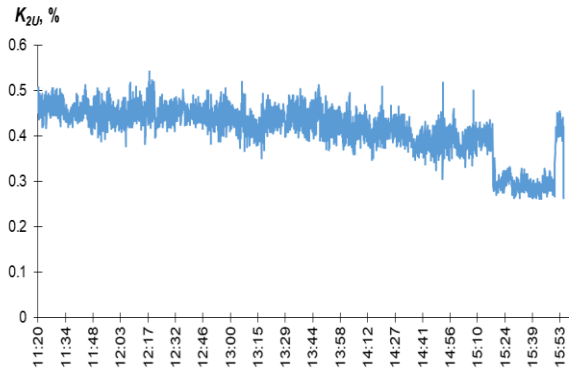


Рис. 5. Коефіцієнт несиметрії напруги за зворотною послідовністю

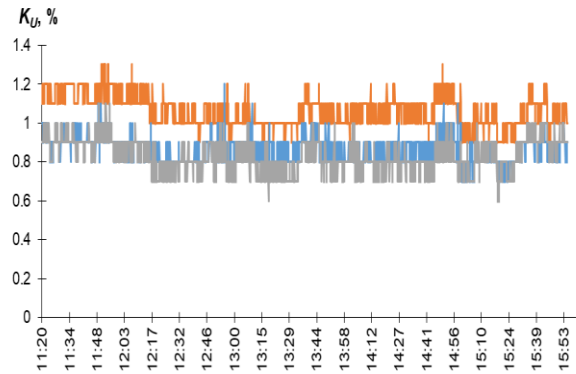


Рис. 6. Коефіцієнт спотворення синусоїдальності напруги

Таблиця 1

**Статистичні характеристики результатів вимірювань**

П/ст. I.							
Параметр Статистичні характеристики	Рівні напруги			Спотворення синусоїдальності			Несиметрія
	Фаза А	Фаза В	Фаза С	Фаза А	Фаза В	Фаза С	
M(x)	404.78	405.31	402.62	0.86	1.06	0.83	0.41
Mo(x)	403.57	406.34	402.01	0.90	1.00	0.80	0.42
Me(x)	404.61	405.13	402.36	0.90	1.10	0.80	0.43
D(x)	2.24	2.47	3.19	0.00	0.01	0.01	0.00296
s(x)	1.50	1.57	1.79	0.06	0.08	0.08	0.0544
As(x)	1.45	2.03	2.69	0.16	0.24	0.15	-1.09
Ex(x)	5.64	9.60	14.12	0.06	-0.40	-0.47	0.63
min(x)	401.23	401.66	399.15	0.70	0.80	0.60	0.26
max(x)	413.18	415.35	414.31	1.20	1.30	1.10	0.54
X(0.95)	407.53	407.82	405.49	0.96	1.18	0.96	0.48
П/ст. III.							
M(x)	393,69	394,46	392,66	2,54	2,33	2,61	0,58
Mo(x)	393,90	393,75	391,95	1,40	1,50	2,30	0,32
Me(x)	393,76	394,37	392,41	2,30	2,20	2,50	0,54
D(x)	13,59	16,39	14,64	1,22	0,62	0,74	0,08181
s(x)	3,69	4,05	3,83	1,10	0,79	0,86	0,2860
As(x)	0,38	0,48	0,65	1,00	1,04	0,76	0,97
Ex(x)	2,07	1,65	2,70	1,02	1,08	0,63	1,55
min(x)	380,10	381,76	379,21	0,90	1,10	1,00	0,00
max(x)	413,18	415,35	414,31	9,20	6,00	7,30	2,10
X(0.95)	399,66	401,04	399,10	4,57	3,77	4,15	1,10

Якість електричної енергії на тяговій підстанції Ш.

Тягова підстанція Ш – опорна підстанція змінного струму, живляча напруга 110 кВ, встановлена потужність тягової підстанції 80 МВт.

Вибіркові результати вимірювань представлені на рис. 7-12. Зведені статистичні характеристики наведені в табл. 1.

### Висновки

В результаті виконаних досліджень можна вказати на наступне: значення напруги на шинах власних потреб 0,4 кВ під час проведення вимірювань знаходились в допустимих межах (380...420 В). Коефіцієнти несиметрії напруги та спотворення синусоїдальності кривої напруги знаходились в межах нормованих значень, лише короткочасно, значення перевищували нормально допустиму межу 2 % та 8 % відповідно. Необхідно звернути увагу на більші абсолютні значення вказаних коефіцієнтів на тяговій підстанції змінного струму.

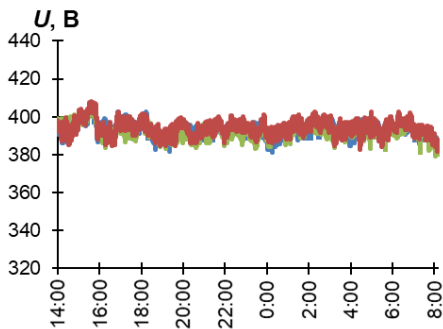


Рис. 7. Напруга на шинах

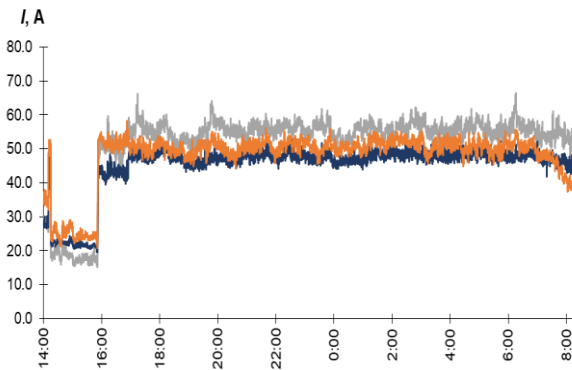


Рис. 8. Споживаний струм

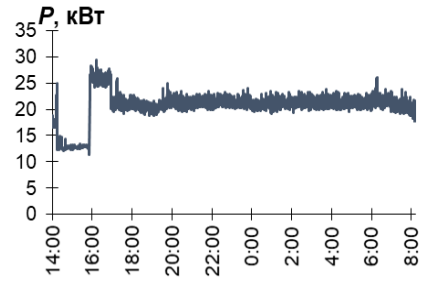


Рис. 9. Споживана активна потужність

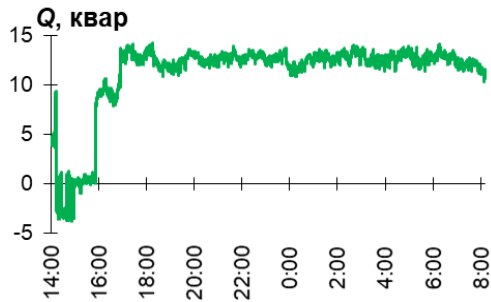


Рис. 10. Реактивна потужність

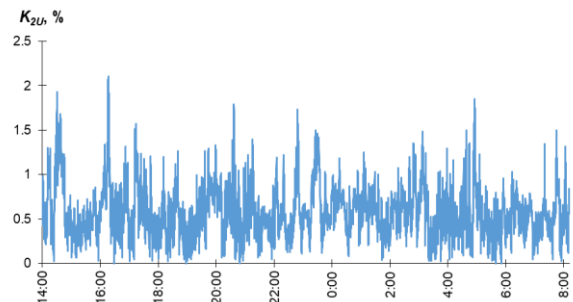


Рис. 11. Коефіцієнт несиметрії напруги за зворотною послідовністю

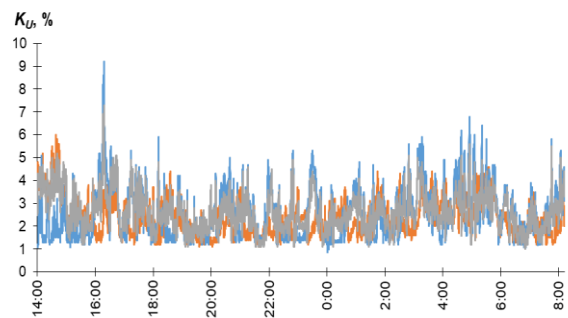


Рис. 12. Коефіцієнт спотворення синусоїдальності напруги

Викликає занепокоєння той факт, що незалежно від типу тягової підстанції наявні нерівність лінійних напруг та споживаних струмів. Додатковими вимірюваннями, проведеними авторами на тяговій підстанції С Придніпровської залізниці, встанов-

лена також і нерівність фазних напруг. Відомо, що нерівномірні потоки потужності в окремих фазах, призводять до підвищених втрат, при аналогічних умовах, порівняно з режимом симетричних навантажень. Вищі гармонійні складові також призводять до збільшення втрат і, отже, до зниження енергетичної ефективності, про що свідчать проведені дослідження. Для підвищення якості електроенергії на шинах власних потреб, від яких, окрім іншого, отримують живлення пристрої залізничної автоматики можливі два технічні рішення:

– варіант застосування силових активних пристроїв для корекції якості електричної енергії на стороні 0,38 кВ в місці споживання електроенергії, що унеможливить проникнення кондуктивних завод у рейкові кола через схеми живлення;

– застосування альтернативних джерел живлення в бустерній схемі, що дозволить стабілізувати рівень напруги на шинах власних потреб та зменшити рівень гармонійних складових.

#### Бібліографічний список

1. Собственные нужды подстанций. Электросети / [Електронний ресурс]: <http://pue8.ru/elektrotekhnik/903-sobstvennyye-nuzhdy-podstantsij.html>.
2. Прохорский, А. А. Тяговые и трансформаторные подстанции / А. А. Прохорский – М.: Транспорт, 1983. – 488 с.

3. Гаврилюк, В. І. Огляд проблемних питань якості електроенергії на електрифікованих залізницях. Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті, вип. № 14 – 2017, - С. 11-20.
4. Сиченко, В. Г. Аналіз режимів напруги на приєднаннях тягових підстанцій змінного струму / В. Г. Сиченко, Д. О. Босий. – Вісник Дніпропетровського національного технічного університету залізничного транспорту ім. ак. В. Лазаряна, Вип. 29 – 2009, – С. 82-86.

**Ключові слова:** якість електроенергії, тягова підстанція, власні потреби, статистичні характеристики.

**Ключевые слова:** качество электроэнергии, тяговая подстанция, собственные нужды, статистические характеристики.

**Keywords:** power quality, traction substation, own needs of the traction substation, statistical characteristics.

#### Рецензенти:

д. т. н., проф. А. М. Афанасов,  
д. т. н., проф. О. Г. Гриб.

Надійшла до редколегії 10.10.2018.  
Прийнята до друку 24.10.2018.