

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
ДВНЗ "Національний гірничий університет"

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКОЇ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ ЕПІ-2
"ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ"
З ДИСЦИПЛІНИ "ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ"
для студентів напряму підготовки
6.050701 "Електротехніка та електротехнології"

Дніпропетровськ
НГУ
2011

Заїка В.Т. / Методичні вказівки до виконання дослідницької лабораторної роботи ЕПП-2 „Дослідження та аналіз якості електроенергії в системах електропостачання” з дисципліни „Електропостачання” для студентів напряму підготовки 6.050701 "Електротехніка та електротехнології" / В.Т. Заїка, О.Р. Ковальов, Н.Ю. Рухлова, А.С. Румянцев. – Д. : Державний ВНЗ «Національний гірничий університет».– 2011.– 17 с.

Упорядники:

В.Т. Заїка, д-р техн. наук, професор,

О.Р. Ковальов, старший викладач,

Н.Ю. Рухлова, асистент,

А.С. Румянцев, асистент.

Затверджено методичною радою Державного ВНЗ "Національний гірничий університет"

Анотація:

Наведено вимоги до якості напруги в мережах промислових підприємств та методику розрахунків параметрів якості електричної енергії. Приведено порядок виконання лабораторної роботи

Відповідальний за випуск – заст. зав. кафедри СЕП

С.І. Випанасенко, д-р техн. наук, професор

ЗМІСТ

Загальні положення	5
Опис лабораторного стенда	7
Порядок і методика виконання роботи	10
Зміст звіту	17
Контрольні питання	17
Список рекомендованої літератури	17

МЕТА РОБОТИ

- * Придбання практичних навичок по виміру показників якості електроенергії (ПЯЕ).
- * Перевірка відповідності фактичних значень ПЯЕ у точках мережі, які контролюються, значенням, встановленим у ГОСТ 13109-97 та договорах на користування електроенергією (ЕЕ).
- * Виділення джерел (винуватців) погіршення якості ЕЕ.
- * Визначення розмірів знижок і надбавок за якість ЕЕ.
- * Вибір заходів щодо нормалізації якості ЕЕ.

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

ГОСТ 13109-97, який гармонізований для деяких держав СНГ, підрозділяє ПЯЕ на основні і додаткові.

До **основних ПЯЕ** за термінологією ГОСТ 13109 – 97 і ДСТУ 3466 – 96 відносять:

δU_c – стале відхилення напруги;

δU_t – розмах зміни напруги;

P_t – дозу флікера;

K_U – коефіцієнт викривлення синусоїдальності кривої міжфазної (фазної) напруги;

$K_{U(n)}$ – коефіцієнт n -ої гармонійної складової напруги;

K_{2U} – коефіцієнт несиметрії напруг по зворотній послідовності;

K_{0U} – коефіцієнт несиметрії напруг по нульовій послідовності;

Δf – відхилення частоти;

Δt_n – тривалість провалу напруги ;

U_{imn} – імпульсна напруга;

K_{nepU} – коефіцієнт тимчасової перенапруги.

При визначенні значень деяких показників якості електроенергії використовують наступні **допоміжні параметри** електричної енергії, а також позначення:

T – інтервал часу вимірювання;

m – число змін напруги за інтервал часу T ;

$F\delta U_t$ – частоту повторення змін напруги;

$\Delta t_{i, i+1}$ – інтервал між змінами напруги;

δU_n – глибину провалу напруги;

F_n – частоту появи провалів напруги;

$\Delta t_{imn 0,5}$ – тривалість імпульсу за рівнем 0,5 його амплітуди;

$\Delta t_{nep U}$ – тривалість тимчасової перенапруги.

У даній лабораторній роботі досліджуються три основних ПЯЕ:

δU_c – стале відхилення напруги;

K_U – коефіцієнт викривлення несинусоїдальності кривої напруги;

$K_{U(n)}$ – коефіцієнт n -ої гармонійної складової напруги $K_{U(n)}$.

Стале відхилення напруги (δU_c) у відсотках обчислюють за формулою:

$$\delta U_c = \frac{U_c - U_{ном}}{U_{ном}} \cdot 100; \quad (1)$$

де U_c – усереднена напруга, В;

$U_{ном}$ – номінальна міжфазна (фазна) напруга, В.

В електричних мережах однофазного струму усереднене значення напруги U_c визначають як результат усереднення N наглядів напруг $U_{(i)}$ чи $U_{1(i)}$ за інтервал часу одна хвилина за формулою:

$$U_c = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N U_i^2}{N}}; \quad (2)$$

где U_i – значення напруги $U_{(i)}$ або $U_{1(i)}$ в i -ому нагляді, В, кВ.

Кількість наглядів за одну хвилину повинно бути не менше як 18.

При визначенні даного ПЯЕ у мережах трифазного струму допускається:

1) визначати діюче значення напруги прямої послідовності основної частоти $U_{1(i)}$ за наближеною формулою:

$$U_{1(i)} = \frac{1}{3} \cdot [U_{BA(i)} + U_{CB(i)} + U_{AC(i)}]; \quad (3)$$

де $U_{BA(i)}$, $U_{CB(i)}$, $U_{AC(i)}$ – діючі значення міжфазних напруг основної частоти, В;

2) застосовувати в електричних мережах однофазного та трифазного струму, при коефіцієнті викривлення несинусоїдальності кривої напруги не перевищуючому 5%, замість діючих значень напруги основної частоти, діючі значення напруги.

Коефіцієнт викривлення несинусоїдальності кривої напруги (K_U) у відсотках обчислюють за формулою:

$$K_U = 100 \cdot \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^N U_{(n)}^2}}{U_{(1)}} \quad (4)$$

де $U_{(1)}$ – діюче значення напруги основної частоти, В.

При визначенні даного ПЯЕ допускається:

1) не враховувати гармонійні складові порядку $n > 40$ і (або) значення яких менш 0,1 %;

2) обчислювати дані ПЯЕ за формулою:

де $U_{(1)}$ – діюче значення напруги основної частоти.

$$K_U = 100 \cdot \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^N U_{(n)}^2}}{U_{ном}} \quad (5)$$

де $U_{(n)}$ – діюче значення n -ої гармонійної складової напруги;

n – порядок гармонійної складової напруги;

N – порядок останньої з врахованих гармонійних складових напруги.

Примітка. Відносна похибка визначення K_U за формулою (5) у порівнянні з формулою (4) чисельно дорівнює відхиленню напруги $U_{(1)}$ від $U_{ном}$.

Коефіцієнт n -ої гармонійної складової напруги $K_{U(n)}$ у відсотках обчислюється за формулою:

$$K_{U(n)} = 100 \cdot \frac{U_{(n)}}{U_{(1)}}; \quad (6)$$

де $U_{(1)}$ - діюче значення напруги основної частоти, В.

Допускається обчислювати даний ПЯЕ за формулою:

$$K_{U(n)} = 100 \cdot \frac{U_{(n)}}{U_{ном}}; \quad (7)$$

де $U_{(n)}$ - діюче значення n -ої гармонійної складової напруги, В.

Примітка. Відносна похибка визначення $K_{U(n)}$ за формулою (7) у порівнянні з формулою (6) чисельно дорівнює відхиленню напруги $U_{(1)}$ від $U_{ном}$.

ОПИС ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Лабораторний стенд являє собою діючу модель (рис.1) електричної мережі (в однофазному виконанні), що містить джерело відхилень напруги - навантаження Z_H зі змінним режимом роботи і джерело вищих гармонік - тиристорний пристрій UZ . На рис.1 приведені також докладні принципові схеми моделей джерел відхилень напруги (навантаження Z_H) і вищих гармонік (пристрій UZ).

Фрагмент загальної схеми електропостачання об'єкта винесений на передню панель стенда (рис.2).

Навантаження Z_H (джерело відхилень напруги) одержує живлення по кабельній лінії напругою 0,38 кВ від трансформатора $T4$, а тиристорний пристрій UZ підключено безпосередньо до шин 0,38 кВ трансформатора $T10$.

До секції 4 шин РУ 6кВ приєднане несиметричне навантаження ($Z_{HA} \neq Z_{HB} \neq Z_{HC}$). Режим її роботи різко перемінний. Ця установка є джерелом несиметрії.

На принциповій схемі також показані технічні засоби, що нормалізують якість напруги у розглянутій електричній мережі (БК, ФКУ, СУ).

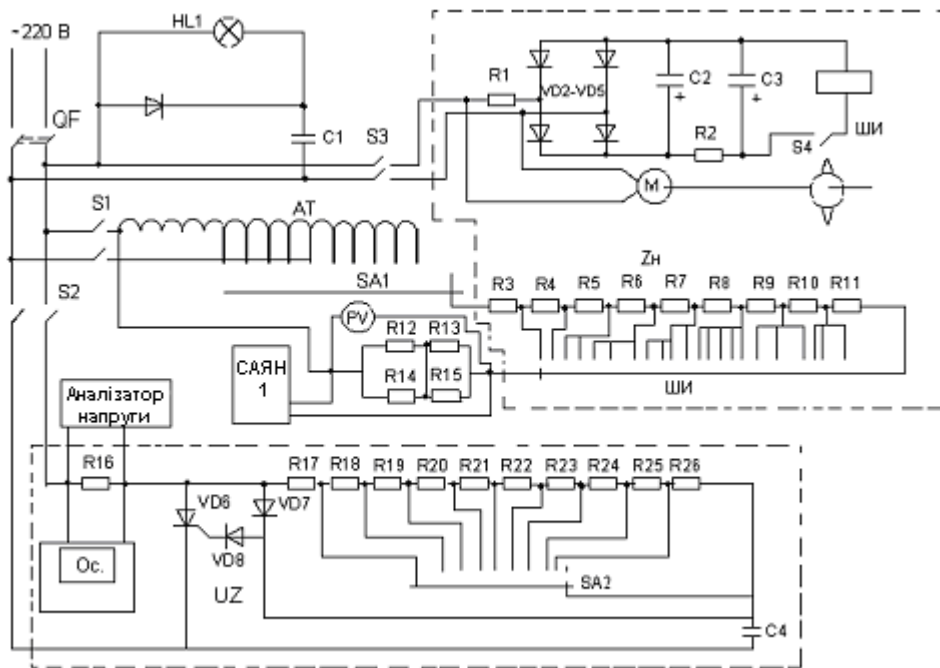


Рис. 1. Принципова електрична схема лабораторного стенда

Крім елементів електричної мережі і навантажень на передню панель стенда винесені наступні пристрої комутації, регулювання, захисту і сигналізації, необхідні для виконання роботи:

1. Кнопка аварійного відключення стенда.
2. Лампочка *Л1* (зелена), що сигналізує про включення стенда під напругу.
3. Ввідний автоматичний вимикач, що виконує функції трьох апаратів *QF1*, *QF2*, *QS1*, і лампочка *Л2* (червона), що сигналізує про подачу напруги до електричної мережі, що моделюється. Рівень підведеної до мережі діючої напруги (U_{CP}) визначається за вольтметром.
4. Вимикач *QF3* (тумблер) для підключення до мережі навантаження Z_H (гніздо δU_c , %) і включення програмного пристрою, що забезпечує квазівипадковий характер зміни навантаження Z_H , а, отже, і відхилень напруги.
5. Вимикач *QF5* (тумблер) для підключення до мережі тиристорного пристрою *UZ*. Напруга для виміру несинусоїдальності і відносного змісту гармонік знімається з розетки (гніздо K_U , %).
6. Перемикач *SA1* на десять фіксованих положень для ступінчастої зміни рівня живильної напруги (U_{CP}) у межах $\pm 10\%$ від номінального.
7. Перемикач *SA2* на десять фіксованих положень для ступінчастої зміни кута регулювання тиристора, а отже, форми кривої напруги, що вимірюється.

У лабораторній роботі для виміру сталих відхилень напруги (δU_c) використовується переносної прилад САКН-1 (статистичний аналізатор якості напруги), а для виміру коефіцієнта викривлення несинусоїдальності кривої напруги K_U і коефіцієнтів гармонік $K_{(n)}$ - переносної прилад типу 43250 (аналізатор гармонік електричної мережі). Для візуального контролю за рівнем вимірюваної напруги (U_{CP}) використовується вольтметр *PV*, вбудований у панель стенда, а для контролю форми кривої напруги - осцилограф.

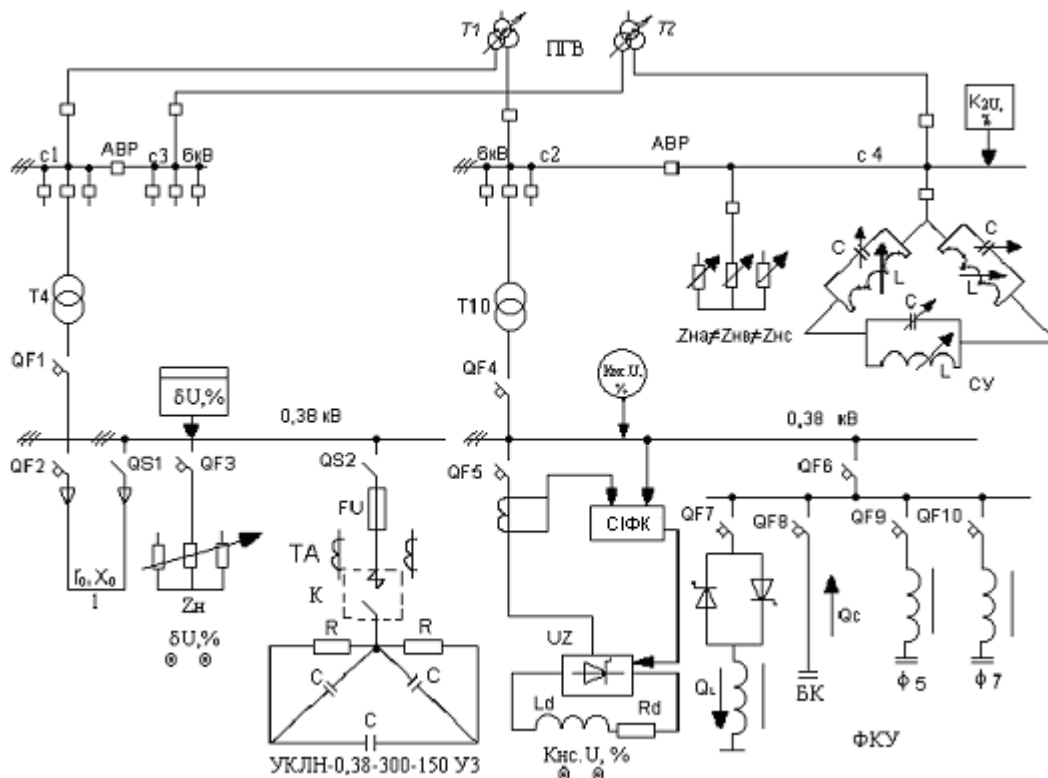


Рис.2. Фрагмент схеми електропостачання об'єкта

Примітка. Позиції перемикачів *SA1* і *SA2* встановлюються викладачем перед початком виконання роботи.

Статистичний аналізатор якості напруги САКН-1 призначений для виміру і контролю сталих відхилень напруги в мережах змінного струму частотою 50 Гц із номінальною контрольованою напругою 100, 127, 220, 380 В и дозволяє одержати гістограми за необхідні для контролю періоди спостережень.

Діапазон напруги, який контролюється, розбитий на вісім інтервалів. Кожному інтервалу відповідає цифровий індикатор – лічильник. Значення границь інтервалів у межах $(0,85 - 1,15)U_{ном}$ набираються штекерами на матриці "Границі інтервалів" у відсотках від номінального значення напруги. Причому границя 100%, що визначає значення напруги, яка називається опорним, завжди відповідає границі між четвертим і п'ятим інтервалами.

Аналізатор забезпечує зсув діапазону контрольованої напруги через 2,5% на $\pm 10\%$ від номінальної напруги.

У момент фіксації напруги спрацьовує тільки один лічильник імпульсів, збільшуючи свої показання на одиницю часу. Інтервали часу між моментами фіксації значень напруги можуть змінюватися в межах 10 – 150с в залежності від мети контролю, мінливості напруги в контрольованому вузлі мережі і загального періоду спостереження.

Прилад може працювати безупинно тривалий час (до 1 тижня) або ж дискретно, здійснюючи контроль сталих відхилень напруги в характерні періоди режиму роботи мережі. Прилад зберігає працездатність при тривалих

відхиленнях контрольованої напруги в межах $\pm 20\%$ від опорної напруги (при сполученому живленні) або в межах $220 \pm 33\text{В}$ при роздільному живленні.

Робоче положення приладу горизонтальне або під кутом не більш 30° до горизонталі.

Аналізатор гармонік електричної мережі 43250 (далі аналізатор) дозволяє вимірювати:

1) коефіцієнт викривлення несинусоїдальності кривої напруги - відношення середньоквадратичного значення гармонійного змісту несинусоїдальної напруги до номінального значення напруги основної частоти;

2) відносні рівні кожної з тридцяти дев'яти вищих гармонік напруги струму від другої до сорокової, по відношенню до номінального значення напруги струму основної частоти;

3) фази струму і напруги кожної з тридцяти дев'яти вищих гармонік, від другої до сорокової.

Вибір вимірюваної величини проводиться шляхом переключення. Прилад цифровий, має аналоговий вихід. Фаза вищої гармоніки визначається як різниця (в електричних градусах вищої гармоніки) між переходом через нуль з негативної в позитивну область синусоїди напруги основної частоти і першим переходом через нуль у цьому ж напрямку вимірюваної гармоніки. Діапазон вимірюваного кута $0^\circ \dots 360^\circ$ відносно періоду вимірюваної гармоніки. Номінальні значення досліджуваних напруг електричної мережі 58, 100, 220, 380 В, при припустимих відхиленнях напруги не більш $\pm 20\%$.

Нормоване значення (максимальне) досліджуваного струму електричної мережі 5 А, діапазон зміни – $0 \dots 5$ А.

Аналізатор має чотири діапазони виміру досліджуваних величин: $0 \dots 5\%$; $0 \dots 10\%$ і $0 \dots 40\%$ та відповідні їм межі припустимого значення абсолютної похибки: $\pm 0,5\%$; $\pm 1\%$; $\pm 2\%$; $\pm 4\%$ (по цифровому відліковому пристрою). Похибка виміру фази гармоніки струму або напруги складають: $\pm 5\%$ для $n \leq 20$ і $\pm 10\%$ для $n > 20$.

ПОРЯДОК І МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

У даній лабораторній роботі проводиться вимір трьох ПЯЕ: δU , K_U і $K_{(n)}$.

1. Вимір сталих відхилень напруги та обробка результатів. Викладач включає ввідний автомат (загоряється червона сигнальна лампочка) і перемикачем SA1 встановлює один з десяти можливих варіантів рівня напруги U_{CP} живильної мережі.

По заміряній вольтметром напрузі та за формулою $\delta U_{CP} = \frac{U_{CP} - U_{ном}}{U_{ном}} \cdot 100$, визначається середнє очікуване відхилення напруги δU_{CP} у точці, та вибирається зсув напруги у відсотках для настроювання САКН-1. Далі проводиться розбивка можливого діапазону змін напруги на рівні інтервали. Очікуваний діапазон зміни напруги приймається звичайно рівним $\pm 10\%$. Значення границь інтервалів набираються штекером на складальній матриці

приладу САКН-1 "Границі інтервалів" і записуються в таблицю 1. При цьому штекер, що відповідає границі 100% завжди повинний бути вставлений у своє гніздо і знаходитися між четвертим і п'ятим інтервалами. У табл. 1 записуються також показання всіх лічильників приладу САКН-1 (графа "До виміру"). Далі виконується наступна послідовність операцій на приладі САКН-1:

1. Тумблер "Мережа-вимкнена" встановлюється в положення "вимк."
2. Тумблер "Контроль-робота" встановлюється в положення "Робота".
3. Перемикач "Напруга" встановлюється в положення, що відповідає напрузі контрольованої мережі (у даному випадку 220 В).
4. Встановлюється необхідний інтервал часу спрацьовування рахункового пристрою, для чого:

- тумблер "Більше" встановлюється в положенні "Менше";
- ручка потенціометра "Час" обертається у край ліве положення "Менше".

При цьому забезпечується інтервал часу спрацьовування рахункового пристрою не більш 10 с.

5. Перемикачем "Зсув" на панелі приладу САКН-1 встановлюється прийняте раніше значення зсуву у відсотках. Якщо $\delta U_{CP} = 0$, то перемикач "Зсув" встановлюють у положення 100%.

6. Включається вимикач (тумблер) $QF3$, а потім включається прилад САКН-1 переводом тумблера "Мережа-вимкнена" у положення "Мережа".

Тривалість дослідження відхилень напруг приладом САКН-1 задається викладачем з ряду: 24, 48, 72 хв.

Після закінчення вимірів виключити тумблер $QF3$, установити тумблер "Мережа-вимкнена" на приладі САКН-1 у положення "Вимк.". Зробити запис показань лічильників у табл. 1, графа "Після виміру".

Дані виміри, отримані за допомогою приладу САКН-1, піддаються обробці з метою одержання характеристик досліджуваної напруги як випадкової величини.

Рекомендується наступна послідовність виконання розрахунків:

- 1) Визначаються різниці показань лічильників:

$$m_i = m_{i\text{кон}} - m_{i\text{нач}}, \quad (8)$$

де $m_{i\text{нач}}$, $m_{i\text{кон}}$ - показання i -го лічильника до і після вимірів.

- 2) Підраховується сума різностей показань лічильників m_i ;

3) Визначається імовірність попадання досліджуваної напруги (відхилень) у заданий інтервал

$$p_i = \frac{m_i}{\sum_{i=1}^8 m_i}, \quad (9)$$

- 4) Будується гістограма сталих відхилень напруги в осях δU_{yi} (%), p_i ;

5) Визначається математичне очікування сталих відхилень напруги, $M[\delta U_y], \%$:

$$M[\delta U_y] = \sum_{i=1}^8 p_i \delta U_{yi}; \quad (10)$$

де δU_{yi} - значення середини i -го інтервалу, %.

б) Визначається дисперсія сталих відхилень напруги $D[\delta U_y], (\%)^2$ і середньоквадратичне відхилення $\sigma[\delta U_y], \%$:

$$D[\delta U_y] = \sum_{i=1}^8 p_i (\delta U_{yi} - M[\delta U_y])^2; \quad (11)$$

$$\sigma[\delta U_y] = \sqrt{D[\delta U_y]}; \quad (12)$$

Результати обчислень заносять у таблицю 1.

Таблиця 1

Результати обробки відхилень напруги

Найменування		Номера лічильників							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Значення границь інтервалів, %									
Замі- ряно	Показання лічильників:								
	- після виміру								
	- до виміру								
Обчи- слено	Різниця показань, m_i								
	Сума різностей показань усіх лічильників								
	Імовірність попадання в інтервал, p_i								
Зсув		Установлюється перемикачем "Зсув"							
Витримка часу спрацьовування лічильників		Установлюється мінімальною, рівною 10 с							
Дата і час початку і кінця вимірів									
$m_{вих}$									
$p_{вих}$									
$M[\delta U_y], \%$									
$D[\delta U_y], (\%)^2$									
$\sigma[\delta U_y], \%$									

2. Вимір показників несинусоїдальності напруги. Для дослідження параметрів несинусоїдальності напруги викладач перемикачем SA2 встановлює один з десяти можливих варіантів кута регулювання α тиристорного комутатора. Далі виконується наступна послідовність операцій на аналізаторі гармонік:

- 1) Ввімкнути кнопку "U".
- 2) Подати для обробки сигнал на рознімання "U" ввімкненням тумблера QF5.

3) По черзі, за допомогою кнопок K_{nc} (соответствует K_U), A_2 (відповідає $K_{U(n)}$), φ_M (відповідає $\varphi_{U(n)}$), установити потрібний режим і виконати вимір параметра. Показання приладу занести в таблицю 2.

Примітки: 1. При вимірюванні K_U необхідно установити діапазон вимірів з ряду: 0...40, 0...20, 0...10, 0...5 %. Діапазон вимірів вибирається виходячи з передбачуваного рівня вимірюваного параметра. На перевантаження, при неправильно обраному діапазоні вимірів, указує миготіння або перевищення показань цифрового індикатора над максимальним граничним значенням обраного діапазону вимірів.

2. При вимірі відносного рівня гармонік напруги $K_{U(n)}$ необхідно установити номер вимірюваної гармоніки і діапазон вимірів з ряду: 0..40, 0..20, 0..10, 0..5 %. Виміри провести для непарних і парних гармонік напруги. Число гармонік, що враховуються, установлює викладач з ряду: $N = 13, 25, 40$.

3. При виміру фази гармонік напруги необхідно установити номер вимірюваної гармоніки і діапазон вимірів (0..40, 0..20, 0..10, 0..5 %). Фази вимірюються у гармоніках, для яких $K_{U(n)} \geq 0,3 \%$.

Таблиця 2.

Дані вимірів показників і параметрів несинусоїдальності напруги досліджуваної електричної мережі

Показники і параметри	Порядкові номери гармонік																			
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
$K_U, \%$																				
$K_{U(n)}, \%$																				
$\varphi_{U(n)}, \text{град.}$																				

Примітка. Для непарних гармонік значення $K_{U(n)}, \%$, і $\varphi_{U(n)}, \text{град.}$ проставляються в чисельнику, а для парних – у знаменнику.

3. Перевірка фактичних значень ПЯЕ вимогам ДСТ 13109-97 (договору).

Значення ПЯЕ в нормальному режимі роботи електричної мережі повинні не виходити за межі максимальних значень, зазначених у таблиці 3, при цьому в плинні не менш 95% часу кожної доби значення ПЯЕ повинні не виходити за межі нормальних значень, зазначених у таблиці 3.

Припустимі значення ПЯЕ

Найменування показника	Припустиме значення показника, %	
	нормальне	максимальне
Стале відхилення напруги електричної мережі напругою:		
до 1 кВ	±5	±10
6-20 кВ	-	±10
35 кВ і вище	-	-
Коефіцієнт викривлення несинусоїдальності, %, не більш, в електричній мережі напругою:		
до 1 кВ	8	12
6-20 кВ	5	8
35 кВ і вище	4	6
110 кВ і вище	2	3
Коефіцієнт гармонійної складової напруги непарного (парного) порядку, %, не більш, в електричній мережі напругою:		
до 1 кВ	-	6(2)
6-20 кВ	-	4(1,5)
35 кВ і вище	-	3(1)
110 кВ і вище	-	1,5(0,5)

Розрізняють постійний, періодичний і епізодичний контроль. Рекомендовані тривалості і періодичності виміру ПЯЕ встановлюють у правилах по контролю та аналізу якості електроенергії та регулюванню напруги в електричних мережах загального призначення.

По досліджуванім у роботі ПЯЕ допускається встановлювати різну періодичність і тривалість виміру. Однак у всіх випадках тривалість виміру ПЯЕ повинна бути не менш 1 доби.

У ході виконання роботи необхідно, з огляду на вимоги до ПЯЕ (див.табл.3) і вважаючи, що вимір показників виконувався протягом 1-3 доби (див. табл.1,2), визначити ступінь відповідності фактичних значень ПЯЕ вимогам ДСТ.

Розрахунки рекомендується виконувати в наступному порядку:

1. Для кожного ПЯЕ по табл.3 встановлюються нормовані ДСТ значення.
2. Визначається тривалість ($t_{вих}$) або імовірність ($p_{вих}$) роботи споживача при значеннях ПЯЕ не задовольняючим вимогам ДСТ:

а) для відхилень напруг:

$$p_{вих} = \frac{m_{вих}}{\sum_{i=1}^8 m_i}; \quad (12)$$

де $m_{вих}$ - число показань лічильників з неприпустимими значеннями відхилень напруги (береться з табл. 1)

б) для коефіцієнтів K_U і $K_{U(n)}$:

$$p_{вих} = \frac{t_{вих}}{T}; \quad (13)$$

де $t_{вих}$ - приведений час, у плинні якого фактичний ПЯЕ виходить за припустимі межі;

T - тривалість виміру ПЯЕ (звичайно $T = 24 - 72$ години).

Якщо для всіх ПЯЕ дотримується умова $p_{вих} \leq 0,05$, то якість електроенергії в даній точці мережі відповідає вимогам ДСТ 13109-97 і, навпаки.

4. Виявлення джерел погіршення якості напруги. Джерела відхилень і несинусоїдальності орієнтовно виявляються в ході аналізу складу ЕП і на підставі даних про характер технологічних процесів. Додатковою інформацією, що сприяє рішенню питання, є та обставина, що окремі нелінійні навантаження є джерелами цілком визначених гармонік (табл.4).

Таблиця 4

Канонічні гармоніки нелінійних навантажень

Нелінійне навантаження	Порядковий номер гармонік, що генеруються, n
Вентильні перетворювачі (нерегульовані):	
6-фазні	5, 7, 11, 13
12-фазні	11, 13
Дугові сталеплавильні печі (у режимі розплаву)	2, 3, 4, 5, 7
Силові магнітні підсилювачі УСО-80	3, 5, 7
Установки дуговий електрозварювання з 3-фазною мостовою схемою	5, 7, 11, 13
Газорозрядні лампи	3, 5

5. Визначення розміру знижок і надбавок за якість електроенергії (ЯЕ). Знижки (надбавки) до тарифів за ЯЕ застосовуються в розрахунках зі споживачами 1,2,3,5 і 6 груп.

Знижки з тарифу застосовуються при відпустці споживачам електроенергії зниженої якості по п'ятьох показниках: δU_c , K_U , K_{2U} , K_{20} , δU_t або ψ . Знижка з тарифу за відхилення частоти понад припустимі значення, установлених ДСТ 13109 - 97, застосовується до Міненерго і перелічується в бюджет.

Надбавки до тарифу застосовуються при перевищенні з вини споживача названих вище показників, крім відхилення напруги, понад припустимі значення, установлені ДСТ 13109-97 (див.табл.3).

Знижка (надбавка) до тарифу по кожному ПЯЕ визначається за таблицею 5, де T_1 і T_2 - відносні часи (у %) перевищення відповідно нормальних і максимальних припустимих значень ПЯЕ, установлені ДСТ 13109-97.

Таблиця 5

Знижки (надбавки), у відсотках, за якість електричної енергії

$T_1, \%$	$T_2, \%$						
	0	1	2	3	4	5	Більш 5
До 5	0	1	2	3	4	5	10,0
6	0,2	1,2	2,2	3,2	4,2	5,2	10,0
7	0,4	1,4	2,4	3,4	4,4	5,4	10,0
8	0,6	1,6	2,6	3,6	4,6	5,6	10,0
9	0,8	1,8	2,8	3,8	4,8	5,8	10,0
10	1	2	3	4	5	6	10,0
11-12	1,3	2,3	3,3	4,3	5,3	6,3	10,0
13-14	1,7	2,7	3,7	4,7	5,7	6,7	10,0
15-16	2,1	3,1	4,1	5,1	6,1	7,1	10,0
17-18	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	10,0
19-20	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	10,0
21-25	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
26-30	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	10,0
31-35	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	10,0	10,0
36-40	7,0	8,0	9,0	10,0	10,0	10,0	10,0
41-45	8,0	9,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
46-50	9,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
більш50	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0

При визначенні знижок (надбавок) значення T_1 і T_2 округляються до цілих значень відсотка.

Сумарна знижка (надбавка) визначається сумою знижок (надбавок), обчислених по кожному ПЯЕ.

При розрахунках за електроенергію по двоставочному або диференційованому тарифу знижки (надбавки) застосовуються до середнього (розрахункового) значення тарифу, що включає плату за потужність і енергію.

Розрахунки по тарифах зі знижкою (надбавкою) проводяться за весь обсяг електроенергії, відпущеної (спожитої) у розрахунковий період.

Тривалість розрахункового періоду (місяць, квартал, рік), а також інші характеристики режиму електроспоживання видаються студентові викладачем.

6. Рекомендації з поліпшення якості електроенергії. На цьому етапі роботи необхідно скласти перелік заходів найбільш доцільних для нормалізації досліджуваних ПЯЕ.

ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Найменування та мета роботи.
2. Фрагмент схеми електропостачання об'єкта (мал.2).
3. Таблиці 1 і 2 з результатами вимірів і обчислень.
4. Гістограма відхилень напруги, побудована з урахуванням зсуву.
5. Крива напруги, знята з осцилографа або побудована за значеннями 3-х – 4-х найбільш вагомих гармонік.
6. Висновок про якість досліджуваної напруги і рекомендації з її нормалізації.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. За якими показниками оцінюється якість електричної енергії?
2. Які вимоги до ПЯЕ пред'являє ДСТ 13109-97?
3. У яких точках мережі проводиться контроль ПЯЕ?
4. Від чого залежить періодичність контролю ПЯЕ?
5. Що впливає на тривалість контролю ПЯЕ?
6. Якими приладами можна вимірювати окремі ПЯЕ?
7. Як будується гістограма відхилень напруги і для чого вона потрібна?
8. Якими приладами і як проводиться вимір сталих відхилень напруги, коефіцієнта викривлення несинусоїдальності кривої напруги?
9. Для чого в приладі САКН-1 передбачена операція "Зсув"?
10. Яким чином встановлюється відповідність обмірюваних ПЯЕ вимогам ДСТ?
11. Які заходи використовуються при зниженні напруги і збільшенні коефіцієнта несинусоїдальності кривої напруги?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Жежеленко И.В. Показатели качества электрической энергии и их контрольна промышленных предприятиях / И.В. Жежеленко -М: Энергоатомиздат. 1986.
2. Венцель Е.С. Теория вероятности / Е.С. Венцель -М.: Наука, 1969.
3. Електромагнітна сумісність у системах електропостачання : Підручник / І.В. Жежеленко, А.К. Шидловський, Г.Г. Півняк, Ю.Л. Саєнко. – Д. : Національний гірничий університет, 2009. – 319 с. : іл.
4. Особливі режими електричних мереж : Навчальний посібники / Г.Г. Півняк, А.К. Шидловський, Г.А. Кігель, А.Я. Рибалко, О.І. Хованська. – Д. : Національний гірничий університет, 2009. – 376 с.

Упорядники:
Заїка Володимир Терентійович
Ковальов Олександр Робертович
Рухлова Наталія Юріївна
Румянцев Андрій Сергійович

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКОЇ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ ЕПІ-2
"ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ
В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ"
З ДИСЦИПЛІНИ "ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ"**

Редакційно-видавничий комплекс
Редактор Ю.В. Рачковська

Підписано до друку Формат 30x42/4.
Папір офсетн. Умовн. друк. арк. 0,9
Обліково-видавн. арк. 0,9. Тираж 40 прим. Зам. №

Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»
49027 м. Дніпропетровськ, пр. К.Маркса,19.