



Міністерство освіти і науки України
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
імені ПЕТРА ВАСИЛЕНКА**

**Навчально-науковий інститут енергетики та
комп'ютерних технологій**

**Кафедра електропостачання та енергетичного
менеджменту**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
для практичних робіт
ЯКІСТЬ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ**

**для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти
денної та заочної форми навчання, спеціальності
141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**

Харків 2020

Міністерство освіти і науки України

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
імені ПЕТРА ВАСИЛЕНКА**

**Навчально-науковий інститут
енергетики та комп'ютерних технологій**

Кафедра електропостачання та енергетичного менеджменту

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
для практичних робіт
ЯКІСТЬ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ**

для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти
денної та заочної форми навчання, спеціальності
141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Затверджено рішенням
Науково-методичної ради
ННІ ЕКТ ХНТУСГ
Протокол № 7
від 27.05.2019 р.

Харків 2020

УДК 372.862

Схвалено
на засіданні кафедри
електропостачання та енергетичного менеджменту
Протокол № 9 від 28.04.2020 р.

Якість електропостачання: метод. вказівки до виконання практичних робіт для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочн. форм навч., спец.: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Харків. нац. техн. у-т сіл. госп-ва ім. П. Василенка; упоряд.: І. М. Трунова. - Харків : [б. в.], 2020.- 20 с.

Методичні вказівки містять завдання та приклади практичних робіт та рекомендовану літературу.

Видання призначене студентам другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання, спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Рецензенти:

Н. Г. Косуліна, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри біомедичної інженерії та теоретичної електротехніки Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка;

С. О. Тимчук, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка;

Відповідальний за випуск (зав. каф.): О. О. Мірошник, д-р техн. наук, проф.

© Трунова І. М.
упорядкування, 2020
© ХНТУСГ, 2020

Зміст

Тема	Стор.
Система управління якістю та складові якості послуг електропостачання споживачів.....	4
Показники якості електропостачання.....	5
Вимоги нормативних документів щодо надійності електропостачання.....	8
Вимоги нормативних документів щодо якості електричної енергії.....	15
Вимоги нормативних документів щодо комерційної якості послуг електропостачання споживачів.....	17
Стимулювання підвищення якості послуг електропостачання споживачів. RAB-регулювання	18
Рекомендовані джерела інформації.....	19

Тема 1

Система управління якістю та складові якості послуг електропостачання споживачів

Завдання 1. Підготувати огляд звітів Ради органів регулювання енергетики Європейського Союзу - Council of European Energy Regulators (CEER) щодо якості електропостачання в країнах ЄС за складовими:

- безперервність поставок електричної енергії;
- якість електричної енергії;
- комерційна якість надання послуг з передачі, розподілу та постачання електричної енергії.

Завдання 2. Провести порівняльний аналіз якості електропостачання в Україні та в країнах ЄС за складовими:

- безперервність поставок електричної енергії;
- якість електричної енергії;
- комерційна якість надання послуг з передачі, розподілу та постачання електричної енергії.

Завдання 3. Провести дослідження розповсюдження та розвитку в країнах світу філософії тотального управління якістю (Total Quality Management).

Підготувати реферати за рекомендованими для виконання завданнями.

Тема 2. Показники якості електропостачання

Завдання 1. Розрахувати індекс SAIDI, якщо тривалість довгих перерв в міській місцевості за квартал 117-ті відключених точок продажу електричної енергії (із загальної кількості точок продажу електричної енергії 2824 шт.) на рівні напруги 0,4 кВ склала 93 хвилини (за прикладом 1).

Приклад 1. Розрахувати індекс SAIDI, якщо тривалість довгих перерв в сільській місцевості за квартал 20 відключених

точок продажу електричної енергії (із загальної кількості точок продажу електричної енергії 2321 шт.) на рівні напруги 0,4 кВ склала 167 хвилин.

Розв'язання:

$$SAIDI_{0,4}^c = \frac{20 \cdot 167}{2321} = 1,44 \quad \text{хв.}$$

Завдання 2. Скласти комп'ютерну програму розрахунку індексів SAIDI та SAIFI та обчислити їх за даними таблиці 1

Таблиця 1

Тривалість перерви, хв.	Тип перерви	На рівні напруги 0,4 кВ		На рівні напруги 6 – 20 кВ		На рівні напруги	
		міські населені пункти	сільські населені пункти	міські населені пункти	сільські населені пункти	27,5 – 35 кВ	110 / 154 кВ
		n ₁	n ₂	n ₃	n ₄	n ₅	n ₆
9	довга	244	258	27	-	5	1
3	довга	244	258	27	-	5	1
14 7	довга	135	234	-	36	-	-
1	коротка	100	30	5	1	-	-

Завдання 3. Скласти комп'ютерну програму розрахунку показника ENS та обчислити їх за даними таблиці 2

Таблиця 2 – Загальна інформація щодо точок продажу електричної енергії на рівнях напруги 0,4 кВ та 6-154 кВ

Ознака поділу	Споживання електричної енергії на рівні напруги за попередній рік, тис. кВт·год	Загальна кількість точок продажу електричної енергії на рівні напруги, шт.
1	2	3
0,4 кВ		
міські населені пункти	480000	54000
сільські населені пункти	120000	14000
6 - 20 кВ		
міські населені пункти	240000	80
сільські населені пункти	120000	40
27,5 - 35 кВ	300000	11
110 / 154 кВ	120000	5
Усього:		68136

Завдання 4. Розрахувати індекс MAIFI за даними таблиць 1 та 2.

Завдання 5. Розробити блок-схему алгоритму розрахунку усталеного відхилення напруги.

Завдання 6. Підготувати презентацію з аналізом звітних даних щодо показників комерційної якості надання послуг з передачі, з розподілу та з постачання електричної енергії, що є у відкритому доступі мережі Інтернет.

Тема 3. Вимоги нормативних документів щодо надійності електропостачання

Завдання 1. Провести порівняльний аналіз інформативності та зручності користування споживачами сайтів ОСР щодо інформації про аварійні та планові перерви електропостачання.

Завдання 2. Підготувати презентацію з аналізом прикладу визначення індексів повноти та правильності для форми звітності № 11-НКРЕКП (квартирна) «Звіт щодо показників надійності (безперервності) електропостачання» [2].

Завдання 3. Підготувати презентацію прикладу визначення індексу точності для форми звітності № 11-НКРЕКП (квартирна) «Звіт щодо показників надійності (безперервності) електропостачання» [2].

Завдання 4. Скласти комп'ютерну програму визначення розрахункової величини навантаження екологічної броні та розрахункової величини добового електроспоживання екологічної броні споживача за методикою «Інструкції...» [3] та зробити її тестування за вихідними даними таблиці 3 прикладу 2.

Приклад 2. Визначити розрахункову величину навантаження екологічної броні та розрахункову величину добового електроспоживання екологічної броні споживача за вихідними даними таблиці 3.

Розв'язання:

1) Розрахункова величина навантаження екологічної броні 1-ої лінії $P'e_1$ (кВт) дорівнює

$$P'e_1 = 10 \cdot 0,95 \cdot 1 + 12 \cdot 0,9 \cdot 1 + 8 \cdot 0,95 \cdot 1 = 27,9 \text{ кВт.}$$

2) Розрахункова величина навантаження екологічної броні 2-ої лінії $P'e_2$ (кВт) дорівнює

$$P'e_2=24 \cdot 1 \cdot 1 + 5,5 \cdot 0,95 \cdot 1 + 10 \cdot 0,9 \cdot 1 + 10 \cdot 0,95 \cdot 1 = 47,7 \text{ кВт.}$$

Таблиця 3

№ п/п струмоприймача екологічної броні	Номер лінії живлення струмоприймача екологічної броні	Номінальна (паспортна) потужність струмоприймача екологічної броні, кВт	Коефіцієнт завантаження струмоприймача екологічної броні	Коефіцієнт одночасності роботи струмоприймача екологічної броні	Кількість годин роботи за добу струмоприймача екологічної броні, год.
1	1	10	0,95	1	1,2
2	1	12	0,9	1	1,5
3	1	8	0,95	1	1,5
4	2	24	1	1	1,2
5	2	5,5	0,95	1	1,5
6	2	10	0,9	1	0,5
7	2	10	0,95	1	0,5

3) Розрахункова величина навантаження екологічної броні споживача в цілому P_e (кВт) дорівнює

$$P_e=27,9+47,7=75,6 \text{ кВт.}$$

4) Розрахункова величина навантаження екологічної броні споживача в цілому P_e (кВт) дорівнює

$$P_e = 27,9 + 47,7 = 75,6 \text{ кВт.}$$

5) Розрахункова величина добового електроспоживання екологічної броні 1-ої лінії $W'e_1$ (кВт·год за добу) дорівнює

$$W'e_1 = 10 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 1,2 + 12 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1,5 + 8 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 1,5 = 39 \text{ кВт·год за добу.}$$

6) Розрахункова величина добового електроспоживання екологічної броні 2-ої лінії $W'e_2$ (кВт·год за добу) дорівнює

$$W'e_2 = 24 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 + 5,5 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 1,5 + 10 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,5 + 10 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 0,5 = 45,9 \text{ кВт·год за добу.}$$

7) Розрахункова величина добового електроспоживання екологічної броні споживача в цілому W_e (кВт·год за добу) дорівнює

$$W_e = 39 + 45,9 = 84,9 \text{ кВт·год за добу.}$$

Завдання 5. Скласти комп'ютерну програму розрахунку часу зупинки технологічного процесу (год.) та величини навантаження технологічної броні електропостачання споживача (зима та літо, кВт) за методикою «Інструкції...» [3] та зробити її тестування за даними таблиць 4-6 прикладу 3.

Приклад 3. Визначити час зупинки технологічного процесу (год.) та величину навантаження технологічної броні електропостачання споживача (зима та літо, кВт) за даними таблиць 4-6.

Таблиця 4

№ п/п струмоприймача технологічної броні	Номер лінії живлення струмоприймача технологічної броні	Час роботи струмоприймача (від початку процесу завершення технологічного процесу до відключення струмоприймача), год.
1	1	0-0,2
2	1	0,1-0,5
3	1	0,2-0,6
4	2	0-0,2
5	2	0-0,4
6	2	0-0,1
7	2	0,2-0,3
8	2	0,2-0,3

Таблиця 5

Номер лінії живлення струмоприйма чів	Фактичне навантаження ліній живлення струмоприймачів споживача, кВт	
	за даними зимового режимного заміру	за даними літнього режимного заміру
1	89,5	78,4
2	112,8	102,2

Таблиця 6

№ п/п струмоприймача	Номер лінії живлення струмоприймача	Номінальна (паспортна) потужність струмоприймача, кВт	Коефіцієнт завантаження струмоприймача	Коефіцієнт одночасності роботи струмоприймача
Струмоприймачі, які не беруть участі в технологічному процесі, шт.				
9	1	10	0,95	1
10	1	12	0,9	1
11	1	8	0,95	1
12	2	24	1	1
13	2	5,5	0,95	1
14	2	10	0,9	1
15	2	10	0,95	1
Струмоприймачі, які беруть участь в технологічному процесі, але можуть бути відключені негайно шт.				
16	1	6	0,95	1
17	1	5,5	0,95	1
18	1	10	0,9	1
19	1	12	0,9	1
20	2	10	0,95	1
21	2	10	0,95	1
22	2	24	1	1

Розв'язання:

1) Час зупинки струмоприймачів технологічного процесу споживача, що живляться від 1-ої лінії, визначається з перших трьох рядків даних таблиці 3.7 та становить 0,6 години.

2) Час зупинки струмоприймачів технологічного процесу споживача, що живляться від 2-ої лінії, визначається за даними 5-ті останніх рядків таблиці 3.7 та становить 0,4 години.

3) Таким чином, повна зупинка технологічного процесу споживача, струмоприймачі якого живлять дві лінії, складає 0,6 години.

4) Величина навантаження технологічної броні електропостачання споживача на 1-ої лінії P_{T1} (кВт) для зимового режиму дорівнює

$$P_{T1} = 89,5 - \\ (10 \cdot 0,95 \cdot 1 + 12 \cdot 0,9 \cdot 1 + 8 \cdot 0,95 \cdot 1 + 6 \cdot 0,95 \cdot 1 + 5,5 \cdot 0,95 \cdot 1 + 10 \cdot 0,9 \cdot 1 + \\ + 12 \cdot 0,9 \cdot 1) = 30,9 \text{ кВт.}$$

5) Величина навантаження технологічної броні електропостачання споживача на 1-ої лінії P_{T1} (кВт) для літнього режиму дорівнює

$$P_{T1} = 78,4 - \\ (10 \cdot 0,95 \cdot 1 + 12 \cdot 0,9 \cdot 1 + 8 \cdot 0,95 \cdot 1 + 6 \cdot 0,95 \cdot 1 + 5,5 \cdot 0,95 \cdot 1 + 10 \cdot 0,9 \cdot 1 + \\ + 12 \cdot 0,9 \cdot 1) = 19,8 \text{ кВт.}$$

6) Величина навантаження технологічної броні електропостачання споживача на 2-ої лінії P_{T2} (кВт) для зимового режиму дорівнює

$$P_{T2} = 112,8 - \\ (24 \cdot 1 \cdot 1 + 5,5 \cdot 0,95 \cdot 1 + 10 \cdot 0,9 \cdot 1 + 10 \cdot 0,95 \cdot 1 + 10 \cdot 0,95 \cdot 1 + 10 \cdot 0,95 \cdot 1 + \\ + 24 \cdot 1 \cdot 1) = 22,1 \text{ кВт.}$$

7) Величина навантаження технологічної броні електропостачання споживача на 2-ої лінії P_{T2} (кВт) для літнього режиму дорівнює

$$P_{T2} = 102,2 - \\ (24 \cdot 1 \cdot 1 + 5,5 \cdot 0,95 \cdot 1 + 10 \cdot 0,9 \cdot 1 + 10 \cdot 0,95 \cdot 1 + 10 \cdot 0,95 \cdot 1 + 10 \cdot 0,95 \cdot 1 + \\ + 24 \cdot 1 \cdot 1) = 11,5 \text{ кВт.}$$

8) Загальна величина технологічної броні електропостачання споживача для зимового режиму P_{T3} (кВт) дорівнює

$$P_{T3} = 30,9 + 22,1 = 53 \text{ кВт.}$$

9) Загальна величина технологічної броні електропостачання споживача для літнього режиму P_{T4} (кВт) дорівнює

$$P_{T4} = 19,8 + 11,5 = 31,3 \text{ кВт.}$$

Завдання 6. Використовуючи приклад 4, розрахувати цільові показники надійності для міської та сільської територій на наступний рік для АК «Харківобленерго», ПАТ «Полтаваобленерго», ПАТ «Чернігівобленерго», використовуючи звітні дані щодо фактичних значень SAIDI за попередні три роки (є у вільному доступі в мережі Інтернет).

Приклад 3. Розрахувати значення цільового показника надійності електропостачання на 2017 рік для міських електромереж для ПАТ «Полтаваобленерго». Вихідні дані для розрахунку:

SAIDI₂₀₁₄ факт = 384,2 хв.

SAIDI₂₀₁₅ факт = 394,8 хв.

SAIDI₂₀₁₆ факт = 472,8 хв.

SAIDI₂₀₂₄ ціль = 150 хв.

Розв'язання:

$$\text{SAIDI}_{2017} \text{ ціль} = \text{SAIDI середнє} - (\text{SAIDI середнє} - 150) / 8$$

$$\text{SAIDI середнє} = (384,2 + 394,8 + 472,8) / 3 = 417,3 \text{ хв.}$$

SAIDI 2017 ціль =417,3 - (417,3 -150)/8 = 384 хв.

Тема 4. Вимоги нормативних документів щодо якості електричної енергії

Завдання 1. Підготувати презентацію аналізу приладів контролю ЯЕ з порівнянням їхніх технічних характеристик та вартості.

Завдання 2. Підготувати презентацію аналізу технічних засобів регулювання напруги (конструктивні особливості, принцип дії тощо).

Завдання 3. Підготувати презентацію аналізу фільтрів вищих гармонік (конструктивні особливості, принцип дії тощо).

Завдання 4. Підготувати реферат з порівняльним аналізом нормативних документів (наприклад, Кодексу системи розподілу, ДСТУ ІЕС 61000-4-30:2010, СОУ-Н 40-1-37471933-55:2011) щодо контролю ЯЕ (організація контролю ЯЕ, рекомендації щодо пристроїв контролю ЯЕ, обробка результатів контролю ЯЕ тощо).

Завдання 5. Розробити блок-схему алгоритму розрахунку тривалої дози флікера.

Завдання 6. Скласти комп'ютерну програму дослідження відхилень напруги на затискачах у споживача за блок-схемою алгоритму розрахунку, що приведений на рисунку 4.2 [1] за такими вихідними даними:

$S_{35}=1600$ кВА;

$L_{35}=15$ км;

втрати напруги в ЛЕП 35 кВ:

1,5 % (при 100 % навантаження);

0,3 % (при 25 % навантаження);

$r_{35}=0,42$ Ом/км;

$$x_{35}=0,382 \text{ Ом/км};$$

$$U_{35(100)}=37 \text{ кВ};$$

$$U_{35(25)}=35 \text{ кВ};$$

$$\text{Cos}\varphi =0,98;$$

$$U_{н(35)}=35 \text{ кВ}.$$

Провести її тестування за даними прикладу 5.

Приклад 5.

Таблиця 7 - Результати прикладу комп'ютерного розрахунку за допомогою електронних таблиць Microsoft Excel відхилення напруги у найближчого та віддаленого споживача (за умови регулювання напруги за допомогою РПН та ПБЗ)

Навантаження, %		100	25
Втрати напруги в ЛЕП 35 кВ, %		1,69	0,42
S_{35} , кВА	2500		
L_{35} , км	16		
r_{35} , Ом/км	0,420		
x_{35} , Ом/км	0,382		
$U_{35(100)}$, кВ	37		
$U_{35(25)}$, кВ	35		
$\text{Cos}\varphi$	0,97		
$U_{н(35)}$, кВ	35		
Відхилення напруги на шинах 35 кВ джерела струму, %		+5,71	0
Відхилення напруги на шинах 10 кВ РТП 35/10 кВ		+7,52	+1,08
$E_{35(100)}$, %	7,5 [4]		
$E_{35(25)}$, %	2,5 [4]		
$U_{т100}$, %	4		
$U_{т25}$, %	1		
Відхилення напруги на шинах 0,4 кВ найближчої ТП 10/0,4 кВ, %		+2,60	-0,15
$\Delta U_{10(100)}$, %	0,92		
$\Delta U_{10(25)}$, %	0,23		
$E_{10(100)}$, %	0		
$E_{10(25)}$, %	0		

Відхилення напруги на шинах 0,4 кВ віддаленої ТП 10/0,4 кВ, %		+2,71	+0,67
$\Delta U_{10(100)}$, %	3,51		
$\Delta U_{10(25)}$, %	0,878		
$E_{10(100)}$, %	2,7 [1]		
$E_{10(25)}$, %	2,7 [1]		
Допустимі втрати напруги в ЛЕП напругою 0,38 кВ, %		6,00	1,50
Відхилення напруги у споживача, %		-3,29	+2,17

Тема 5. Вимоги нормативних документів щодо комерційної якості послуг електропостачання споживачів

Завдання 1. Підготувати презентацію з аналізом встановлених «Порядком забезпечення стандартів якості електропостачання та надання компенсацій споживачам за їх недотримання» розмірів та періодичності надання споживачам компенсацій за недотримання гарантованих стандартів якості електропостачання.

Завдання 2. Підготувати презентацію з аналізом інформації щодо загальних та гарантованих стандартів якості електропостачання, розмірів компенсацій, порядку їх надання та відповідних звітних даних, що оприлюднені на офіційних веб-сайтах електропостачальників та ОСР.

Завдання 3. Скласти блок-схему алгоритму розрахунку показників якості та кількості надання послуг кол-центром за методикою, що приведена у додатку 3 до «Мінімальних вимог до якості обслуговування споживачів електричної енергії кол-центрами» [4].

Тема 6. Стимулювання підвищення якості послуг електропостачання споживачів. RAB-регулювання

Завдання 1. За звітними даними РК за формою № 11-НКРЕКП, що є у вільному доступі в мережі Інтернет за 5 років, провести однофакторний дисперсійний аналіз для визначення впливовості обленерго на індекс SAIDI.

Завдання 2. Привести приклади практичних розрахунків складових якості послуг для міської та сільської території, результати яких впливають на уточнений необхідний дохід від здійснення діяльності з розподілу електричної енергії.

Завдання 3. Підготувати презентацію результатів аналізу впровадження стимулюючого регулювання у країнах ЄС.

Рекомендовані джерела інформації

1. Трунова І. М. Якість електропостачання: навчальний посібник / І. М. Трунова, О. О. Мірошник, В. Г. Пазій – Харків: ФОП Панов А. М., 2019. - 204 с.
2. Постанова НКРЕКП від 12.12.2018 р. № 374 «Про затвердження форм звітності щодо показників якості електропостачання та інструкцій щодо їх заповнення»/ База даних «Законодавство України»/ВР України. Дата оновлення 24.10.2018. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0374874-18> (дата звернення 24.04.2020).
3. Наказ Мінпаливенерго України № 26 від 19.01.2004 р. «Про затвердження Інструкції про порядок складання акта екологічної, аварійної та технологічної броні електропостачання споживача»//База даних «Законодавство України»/ВР України. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0154-04> (дата звернення: 24.04.2020).
4. Постанова НКРЕКП від 12.06.2018 р. № 373 «Про затвердження Мінімальних вимог до якості обслуговування споживачів електричної енергії кол-центрами»// База даних «Законодавство України»/ВР України. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0373874-18> (дата звернення 24.04.2020).

Навчальне видання

**Методичні вказівки
для виконання практичних робіт
«Якість електропостачання»**

**Упорядник:
ТРУНОВА Ірина Михайлівна**

Формат 60x84x16. Гарнітура Times New Roman
Папір для цифрового друку. Друк ризо графічний.

Ум. друк. арк. 1,16.

Тираж 30 прим.

Харківський національний технічний університет
сільського господарства імені Петра Василенка