



Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет
імені В. Н. Каразіна



Ефективність та надійність електроенергетичних та електромеханічних систем

Методичні вказівки до виконання практичних робіт
для студентів першого курсу магістратури
спеціальності G3 Електрична інженерія



Харків – 2026

Рецензенти:

Васюченко П.В. – к.пед.н., доцент, доцент кафедри електротехніки та електроенергетики Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна;

Єгорова О. Ю. – к.т.н., доцент, доцент кафедри теплотехніки та енергоефективних технологій Національного технічного університету «Харківського політехнічного інституту»;

*Затверджено до друку рішенням вченої ради навчально-наукового інституту
«Українська інженерно-педагогічна академія»
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна
(протокол № 1 від 1. 11. 2025 р.)*

Олійник Ю.С.

Ефективність та надійність електроенергетичних та електромеханічних систем: методичні вказівки до виконання практичних робіт / уклад. Ю.С. Олійник – Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2026. – 21 с.

Методичні вказівки до виконання практичних робіт розроблено відповідно до робочої програми навчальної дисципліни «Ефективність та надійність електроенергетичних та електромеханічних систем», яка входить до циклу професійної підготовки здобувачів вищої освіти першого курсу магістратури спеціальності G3 Електрична інженерія освітньо-професійної програми «Електричні станції, мережі та системи».

Навчальна дисципліна спрямована на формування у майбутніх фахівців системного розуміння принципів забезпечення ефективності та надійності функціонування електроенергетичних і електромеханічних систем, сучасних методів аналізу режимів роботи електричних мереж, оцінювання технічних і нетехнічних втрат електроенергії, а також підходів до їх мінімізації.

ISBN 978-966-285-347-6

УДК 339.9(477)(075.8)

© Харківський національний університет
імені В. Н. Каразіна, 2026.

© Олійник Ю.С., 2026.

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ	4
ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	5
СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	7
ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	8
ТЕМИ І ЗМІСТ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ	9
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1 Розрахунок втрат електроенергії в трансформаторах	9
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2 Розрахунок втрат електроенергії в проводах і кабельних лініях електропередавання	11
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3 Методика розрахунків плати за перетоки реактивної електроенергії	14
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4 Методика розрахунків плати за перетоки реактивної електроенергії при відсутності у споживача приладів обліку	17
РЕКОМЕНДОВНА ЛІТЕРАТУРА	20

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Ефективність та надійність електроенергетичних та електромеханічних систем» призначені для здобувачів вищої освіти першого курсу магістратури спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» освітньо-професійної програми «Електричні станції, мережі та системи». Методичні матеріали розроблено відповідно до робочої програми дисципліни та спрямовано на забезпечення практичної підготовки здобувачів у сфері аналізу, оцінювання та підвищення ефективності й надійності електроенергетичних та електромеханічних систем.

Практичні роботи є важливою складовою освітнього процесу та сприяють закріпленню теоретичних знань, набуттю професійних компетентностей і розвитку навичок застосування сучасних методів розрахунку, аналізу та оптимізації режимів роботи електроенергетичних систем. Виконання практичних завдань дозволяє здобувачам сформувати вміння оцінювати технічні та нетехнічні втрати електроенергії, аналізувати режими електричних мереж, визначати показники надійності систем електропостачання та обґрунтовувати технічні рішення щодо підвищення їх ефективності.

Зміст практичних робіт охоплює актуальні питання функціонування сучасних електроенергетичних систем: розрахунок втрат електроенергії в елементах мережі, аналіз факторів, що впливають на величину втрат, методи їх зниження, оцінювання надійності електропостачання, оптимізацію режимів роботи електричних мереж, а також використання сучасних технологій Smart Grid, систем накопичення енергії та інтеграцію відновлюваних джерел енергії в електроенергетичні системи.

Під час виконання практичних робіт здобувачі вищої освіти повинні використовувати нормативно-технічну документацію, сучасні методики розрахунків, довідкові матеріали та інформаційно-комунікаційні технології. Практичні завдання передбачають виконання розрахунків, аналіз отриманих результатів, побудову таблиць, графіків і схем, а також формулювання технічно обґрунтованих висновків.

Виконання практичних робіт спрямоване на формування здатності застосовувати отримані знання для розв'язання професійних завдань у сфері експлуатації, проєктування та модернізації електроенергетичних і електромеханічних систем, оцінювання їх енергоефективності та забезпечення надійної роботи в сучасних умовах розвитку електроенергетики.

Методичні вказівки містять мету, короткі теоретичні відомості, порядок виконання практичних завдань, розрахункові методики, контрольні запитання та вимоги до оформлення результатів роботи. Така структура забезпечує послідовне опанування навчального матеріалу та сприяє досягненню програмних результатів навчання, визначених освітньо-професійною програмою.

ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Навчальна дисципліна «Ефективність та надійність електроенергетичних та електромеханічних систем» належить до циклу професійної підготовки здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» освітньо-професійної програми «Електричні станції, мережі та системи». Дисципліна формує сучасні теоретичні знання та практичні навички щодо забезпечення ефективного, економічного й надійного функціонування електроенергетичних та електромеханічних систем в умовах розвитку цифрових технологій, інтеграції відновлюваних джерел енергії та модернізації енергетичної інфраструктури України.

В процесі вивчення дисципліни розглядаються основні причини виникнення втрат електроенергії під час її передавання та розподілу, методи їх розрахунку й мінімізації, принципи оцінювання показників надійності електропостачання, особливості системного управління режимами електроенергетичних систем, а також сучасні підходи до розвитку електричних мереж на основі концепції Smart Grid, цифрових систем керування та інтеграції відновлюваних джерел енергії.

Особлива увага приділяється застосуванню математичного моделювання, сучасних інформаційних технологій і програмних засобів для аналізу режимів роботи електричних мереж, прогнозування навантажень, оцінювання енергоефективності технічних рішень та обґрунтування заходів щодо підвищення надійності електроенергетичних і електромеханічних систем.

Вивчення дисципліни забезпечує формування професійних компетентностей, необхідних для аналізу, проектування, експлуатації та модернізації електроенергетичних об'єктів, прийняття технічно й економічно обґрунтованих рішень щодо оптимізації режимів роботи електричних мереж, зниження втрат електроенергії та підвищення ефективності функціонування систем електропостачання.

Мета викладання навчальної дисципліни «Ефективність та надійність електроенергетичних та електромеханічних систем» - оволодіння сучасними методами аналізу, проектування та оптимізації систем енергозабезпечення з урахуванням вимог енергоефективності, формування компетентностей у сфері забезпечення надійності технічних систем, підготовку фахівців, здатних впроваджувати інноваційні рішення для зниження енергоспоживання, підвищення стабільності та безпеки енергетичних об'єктів.

Основні завдання вивчення дисципліни:

- ✓ Ознайомлення з принципами енергозбереження та енергоефективного проектування систем енергозабезпечення.
- ✓ Формування навичок аналізу надійності енергетичних об'єктів, включаючи методи оцінки ризиків та управління аварійними режимами.
- ✓ Оволодіння методами розрахунку показників енергоефективності для різних типів електротехнічного обладнання та систем.
- ✓ Засвоєння сучасних технологій моніторингу, діагностики та управління якістю електроенергії.
- ✓ Розвиток здатності до системного мислення при проектуванні та

експлуатації енергетичних систем.

✓ Формування компетентностей у сфері впровадження інноваційних рішень, спрямованих на зниження енергоспоживання та підвищення надійності.

✓ Підготовка до професійної діяльності в умовах цифровізації та переходу до сталого розвитку енергетики.

Інтегральна компетентність

Здатність розв'язувати комплексні практичні задачі під час провадження професійної діяльності в сфері електричних станцій, електричних мереж та електроенергетичних систем або у процесі навчання, що характеризується невизначеністю умов і вимог.

Фахові компетентності

ФК 12. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК14. Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання та об'єктів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК15. Здатність здійснювати аналіз техніко-економічних показників та експертизу проектно-конструкторських рішень в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК18. Здатність розуміти і враховувати соціальні, екологічні, етичні, економічні та комерційні міркування, що впливають на реалізацію технічних рішень в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

ФК20. Здатність керувати проектами і оцінювати їх результати.

ФК21. Здатність оцінювати показники надійності та ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних об'єктів та систем.

Перелік результатів навчання, що формує дана дисципліна

ПР1. Знаходити варіанти підвищення енергоефективності та надійності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання й відповідних комплексів і систем.

ПР4. Окреслювати план заходів з підвищення надійності, безпеки експлуатації та продовження ресурсу електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання і відповідних комплексів і систем.

ПР5. Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах.

ПР6. Реконструювати існуючі електричні мережі, станції та підстанції, електротехнічні і електромеханічні комплекси та системи з метою підвищення їх надійності, ефективності експлуатації та продовження ресурсу..

ПР20. Виявляти основні чинники та проблеми, які можуть заважати впровадженню сучасних методів керування електроенергетичними, електротехнічними та електромеханічними системами.

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усьог о	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с. р.		л	п	лаб.	інд.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Розділ 1. Енергетичні втрати в електричних мережах: причини, оцінка та шляхи зниження												
Тема 1. Втрати електроенергії: передавання, структура та технічні чинники	14	4				10	11	1				10
Тема 2. Фактори та методи визначення нетехнічних втрат електроенергії	17	4	4			9	10					10
Тема 3. Методи розрахунку технічних втрат електроенергії	17	4	4			9	18		2			16
Тема 4. Методи зниження технологічних втрат у системах електропостачання	18	4	4			10	17	1				16
Разом за розділом 1	66	16	12			38	56	2	2			52
Розділ 2. Керування режимами ЕЕС з урахуванням енергоефективності та надійності												
Тема 5. Системне управління режимами ЕЕС з урахуванням неоднорідності та взаємовпливу мереж	12	2				10	19	2	2			15
Тема 6. Сучасні підходи до розвитку електричних мереж: Smart Grid та ВДЕ	12	2				10	15					15
Разом за розділом 2	24	4				20	34	2	2			30
Усього годин	90	20	12			58	90	4	4			82

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Розрахунок втрат електроенергії в трансформаторах	2	2
2	Розрахунок втрат електроенергії в проводах і кабельних лініях електропередавання	2	2
3	Методика розрахунків плати за перетоки реактивної електроенергії	4	
4	Методика розрахунків плати за перетоки реактивної електроенергії при відсутності у споживача приладів обліку	2	
Разом		12	4

ТЕМИ І ЗМІСТ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1

Розрахунок втрат електроенергії в трансформаторах

Мета задачі: визначити втрати активної електроенергії в силовому трансформаторі протягом доби з урахуванням втрат холостого ходу та навантажувальних втрат.

Умова задачі

Силовий трансформатор ТМ-630/10/0,4 кВ має такі паспортні параметри:

- номінальна потужність - $S_n = 630 \text{ кВА}$;
- втрати холостого ходу - $P_0 = 1,0 \text{ кВт}$;
- втрати короткого замикання - $P_{кз} = 7,6 \text{ кВт}$.

Протягом доби трансформатор працює з різним навантаженням:

Період	Тривалість, год	Коефіцієнт навантаження k_i
00:00–06:00	6	0,30
06:00–09:00	3	0,60
09:00–17:00	8	0,90
17:00–22:00	5	0,70
22:00–24:00	2	0,40

Необхідно:

1. визначити втрати потужності в трансформаторі для кожного режиму навантаження;
2. визначити добові втрати електроенергії;
3. визначити частку втрат електроенергії від енергії, що пройшла через трансформатор.

1. Теоретичні відомості

Втрати активної потужності в трансформаторі складаються з двох основних складових:

$$\Delta P = \Delta P_0 + \Delta P_{кз} \left(\frac{S}{S_n} \right)^2,$$

де:

ΔP - загальні активні втрати потужності, кВт;

ΔP_0 - втрати холостого ходу, кВт;

$\Delta P_{кз}$ - паспортні навантажувальні втрати при номінальному навантаженні, кВт;

S - фактична повна потужність навантаження, кВА;

S_n - номінальна потужність трансформатора, кВА.

Якщо ввести коефіцієнт навантаження

$$k = \frac{S}{S_n},$$

то формула набуває вигляду:

$$\Delta P = \Delta P_0 + \Delta P_{кз} k^2$$

Електроенергія, втрачена за певний проміжок часу:

$$\Delta W = \Delta P \cdot t,$$

де t - тривалість роботи режиму, год.

2. Алгоритм розрахунку

Крок 1. Визначити коефіцієнт навантаження трансформатора для кожного часового інтервалу:

$$k_i = \frac{S_i}{S_n}.$$

В задачі значення k_i вже задані.

Крок 2. Для кожного режиму визначити навантажувальні втрати:

$$\Delta P_{\text{кз},i} = P_{\text{кз}} k_i^2.$$

Крок 3. Визначити сумарні втрати потужності:

$$\Delta P_i = P_0 + P_{\text{кз}} k_i^2.$$

Крок 4. Для кожного часового інтервалу визначити втрати електроенергії:

$$\Delta W_i = \Delta P_i t_i.$$

Крок 5. Визначити загальні добові втрати:

$$\Delta W_{\text{доб}} = \sum_i \Delta W_i.$$

Крок 6. Визначити енергію, передану споживачам:

$$W_{\text{доб}} = \sum_i S_i t_i.$$

Крок 7. Визначити відносні втрати:

3. Розв'язання

Результати розрахунку занести в таблицю

Період	t_i , год	k_i	ΔP_i , кВт	ΔW_i , кВт·год
00:00–06:00				
06:00–09:00				
09:00–17:00				
17:00–22:00				
22:00–24:00				
Разом				

Отже, добові втрати електроенергії в трансформаторі становлять $\Delta W_{\text{доб}}$

4. Визначення переданої електроенергії

Фактична потужність навантаження - $S_i = k_i S_n$.

Для спрощеного розрахунку прийнемо, що коефіцієнт потужності - $\cos \varphi = 1$.

Тоді передана електроенергія - $W = \sum S_i t_i$.

Відносні втрати - $\delta W = \frac{106,612}{9513} \cdot 100\%$.

Зробити висновок

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2

Розрахунок втрат електроенергії в проводах і кабельних лініях електропередавання

Мета задачі

Навчитися визначати втрати активної потужності та електричної енергії в лініях електропередавання залежно від параметрів проводу, довжини лінії, величини струму та тривалості роботи навантаження.

1. Умова задачі

Від трансформаторної підстанції напругою **10 кВ** живиться промисловий споживач по трифазній повітряній лінії електропередавання.

Параметри лінії:

номінальна напруга $U = 10 \text{ кВ}$;

довжина лінії $l = 5 \text{ км}$;

матеріал проводу - алюміній;

переріз проводу $S = 70 \text{ мм}^2$;

питомий електричний опір алюмінію $\rho = 0,028 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$;

коефіцієнт потужності навантаження $\cos \varphi = 0,9$.

Протягом доби навантаження змінюється:

Період	Тривалість, год	Активна потужність P , кВт
00:00–06:00	6	300
06:00–10:00	4	500
10:00–18:00	8	800
18:00–22:00	4	600
22:00–24:00	2	400

Необхідно:

1. визначити активний опір одного проводу лінії;
2. визначити струм навантаження для кожного режиму;
3. розрахувати втрати активної потужності в лінії;
4. визначити добові втрати електроенергії;
5. визначити відносні втрати електроенергії.

2. Теоретичні відомості

Втрати активної потужності в трифазній лінії електропередавання визначаються за формулою:

$$\Delta P = 3 I^2 R$$

де:

ΔP - втрати активної потужності, Вт;

I - струм у фазному проводі, А;

R - активний опір одного проводу, Ом.

Активний опір проводу визначається $R = \rho \frac{l}{S}$

де:

ρ - питомий електричний опір матеріалу проводу, Ом·мм²/м;

l - довжина лінії, м;

S - площа поперечного перерізу проводу, мм².

Для трифазної мережі струм визначається за активною потужністю:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} U \cos \varphi}$$

де:

P - активна потужність, Вт;

U - лінійна напруга, В;

$\cos \varphi$ - коефіцієнт потужності.

Електрична енергія, втрачена в лінії протягом певного часу:

$$\Delta W = \Delta P \cdot t$$

3. Алгоритм розрахунку

Крок 1. Перевести довжину лінії з кілометрів у метри.

Крок 2. Визначити активний опір одного проводу:

$$R = \rho \frac{l}{S}.$$

Крок 3. Для кожного режиму роботи визначити струм:

$$I_i = \frac{P_i}{\sqrt{3} U \cos \varphi}.$$

Крок 4. Визначити втрати активної потужності:

$$\Delta P_i = 3 I_i^2 R.$$

Крок 5. Визначити втрати електроенергії за кожний часовий інтервал:

$$\Delta W_i = \Delta P_i t_i.$$

Крок 6. Визначити сумарні добові втрати:

$$\Delta W_{\text{доб}} = \sum \Delta W_i.$$

Крок 7. Визначити кількість електроенергії, переданої споживачу:

$$W = \sum P_i t_i.$$

Крок 8. Визначити відносні втрати:

$$\delta W = \frac{\Delta W_{\text{доб}}}{W} \cdot 100 \%.$$

4. Розв'язання

4.1. Визначення активного опору проводу

Оскільки лінія трифазна, у розрахунку втрат враховуються опори всіх трьох фаз.

5. Розрахунок першого режиму

00:00–06:00

6. Розрахунок другого режиму**06:00–10:00****7. Розрахунок третього режиму****10:00–18:00****8. Розрахунок четвертого режиму****18:00–22:00****9. Розрахунок п'ятого режиму****22:00–24:00****10. Результати розрахунку**

Зведемо отримані результати в таблицю.

Період	t , год	P , кВт	I , А	ΔP , кВт	ΔW , кВт·год
00:00–06:00					
06:00–10:00					
10:00–18:00					
18:00–22:00					
22:00–24:00					
Разом		—	—	—	

11. Визначення переданої електроенергії

Енергія, передана споживачу за добу:

$$W = \sum P_i t_i.$$

12. Визначення відносних втрат

Відносні втрати електроенергії:

$$\delta W = \frac{\Delta W_{\text{доб}}}{W} \cdot 100 \%.$$

Зробити висновок

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3

Методика розрахунків плати за перетоки реактивної електроенергії

Мета роботи

Ознайомитися з методикою визначення обсягу реактивної електроенергії та розрахунку плати за її понаднормові перетоки. Навчитися визначати фактичне та нормативне споживання реактивної електроенергії, величину понаднормового перетоку та суму плати.

1. Умова задачі

Промислове підприємство отримує електроенергію від мережі напругою 10 кВ. За результатами обліку за розрахунковий місяць встановлено:

- активне споживання електроенергії - $W_a = 120\ 000\ \text{кВт}\cdot\text{год}$;
- середній коефіцієнт потужності підприємства - $\cos\varphi = 0,82$;
- нормативний коефіцієнт потужності - $\cos\varphi_n = 0,95$;
- тариф за понаднормові перетоки реактивної електроенергії - $C_q = 0,20\ \text{грн}/(\text{квар}\cdot\text{год})$.

Необхідно:

1. визначити фактичний коефіцієнт реактивної потужності $\tan\varphi$;
2. визначити фактичний обсяг реактивної електроенергії;
3. визначити нормативний коефіцієнт реактивної потужності $\tan\varphi_n$;
4. визначити нормативний обсяг реактивної електроенергії;
5. визначити понаднормовий перетік реактивної електроенергії;
6. розрахувати плату за понаднормовий перетік реактивної електроенергії.

2. Теоретичні відомості

Реактивна електроенергія виникає в електричних установках, які містять індуктивні або ємнісні елементи. Основними споживачами реактивної потужності є асинхронні електродвигуни, трансформатори, зварювальні установки та інше електрообладнання.

Коефіцієнт потужності визначається за формулою: $\cos\varphi = P / S$,

де P - активна потужність, кВт;

S - повна потужність, кВА.

Для визначення співвідношення між активною та реактивною потужністю використовується залежність $Q = P \cdot \tan\varphi$.

Аналогічна залежність використовується для визначення реактивної електроенергії $W_Q = W_a \cdot \tan\varphi$.

Коефіцієнт реактивної потужності визначається за формулою:

$$\tan\varphi = \frac{\sqrt{(1 - \cos^2\varphi)}}{\cos\varphi}.$$

Нормативний обсяг реактивної електроенергії визначається $W_{Qn} = W_a \cdot \tan\varphi_n$.

Понаднормовий перетік реактивної електроенергії $W_{Qnad} = W_Q - W_{Qn}$.

Плата за понаднормовий перетік визначається $\Pi_Q = W_{Qnad} \cdot C_q$,

де W_{Qnad} - понаднормовий перетік реактивної електроенергії, квар·год;
 C_q - тариф за реактивну електроенергію, грн/(квар·год).

3. Алгоритм розрахунку

Для розв'язання задачі необхідно виконати такі послідовні дії:

1. За заданим значенням $\cos\varphi$ визначити $tg\varphi$.
2. За величиною активної електроенергії W_a визначити фактичний обсяг реактивної електроенергії W_Q .
3. За нормативним значенням $\cos\varphi_n$ визначити $tg\varphi_n$.
4. Визначити нормативний обсяг реактивної електроенергії W_{Qn} .
5. Визначити понаднормовий перетік реактивної електроенергії W_{Qnad} .
6. За заданим тарифом визначити плату за понаднормовий перетік.
7. Проаналізувати отриманий результат та визначити доцільність компенсації реактивної потужності.

4. Розв'язання задачі

Крок 1. Визначаємо фактичний коефіцієнт реактивної потужності

Крок 2. Визначаємо фактичний обсяг реактивної електроенергії

Крок 3. Визначаємо нормативний коефіцієнт реактивної потужності

Крок 4. Визначаємо нормативний обсяг реактивної електроенергії

Крок 5. Визначаємо понаднормовий перетік реактивної електроенергії

Крок 6. Визначаємо плату за понаднормовий перетік

5. Результати розрахунку

Заносимо в таблицю результати попередніх розрахунків

Показник	Позначення	Значення
Активне споживання електроенергії	W_a	
Фактичний коефіцієнт потужності	$\cos\varphi$	
Фактичний коефіцієнт реактивної потужності	$tg\varphi$	
Фактична реактивна електроенергія	W_Q	
Нормативний коефіцієнт потужності	$\cos\varphi_n$	
Нормативний коефіцієнт реактивної потужності	$tg\varphi_n$	
Нормативний обсяг реактивної електроенергії	W_{Qn}	
Понаднормовий перетік	W_{Qnad}	

Тариф	C_q	
Плата за перетоки	P_Q	

6. Аналіз результатів

Проаналізувати отримані результати, зазначити фактичний коефіцієнт потужності підприємства, порівняти з прийнятим нормативним значенням 0,95. Про що це свідчить?

Фактичний обсяг реактивної електроенергії становить:

Нормативний обсяг становить:

Таким чином, понаднормовий перетік реактивної електроенергії дорівнює:

За встановленого тарифу плата за понаднормовий перетік становить:

Що треба зробити для зменшення реактивних перетоків та відповідних фінансових витрат доцільно підвищити коефіцієнт потужності підприємства?

Висновок

Зробити відповідні висновки.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4

Методика розрахунків плати за перетоки реактивної електроенергії при відсутності у споживача приладів обліку

Мета роботи

Ознайомитися з методикою визначення плати за перетоки реактивної електроенергії у випадку, коли у споживача відсутні прилади обліку реактивної електроенергії. Навчитися визначати розрахункову реактивну потужність електроустановок, обсяг реактивної електроенергії та суму плати за її перетоки.

1. Умова задачі

Промислове підприємство отримує електроенергію від мережі напругою **0,4 кВ**. Прилади обліку реактивної електроенергії відсутні, тому розрахунок виконується за паспортною потужністю електрообладнання відповідно до діючої методики.

На підприємстві встановлено такі електроприймачі:

Електрообладнання	Кількість	Потужність одного двигуна, кВт	$\cos\varphi$
Асинхронний двигун	4	30	0,80
Асинхронний двигун	3	15	0,78
Насосний агрегат	2	22	0,83

Тривалість роботи обладнання протягом місяця:

- асинхронні двигуни 30 кВт - 180 год;
- асинхронні двигуни 15 кВт - 160 год;
- насосні агрегати - 200 год.

Тариф за перетоки реактивної електроенергії $Cq = 0,22 \text{ грн} / (\text{квар} \cdot \text{год})$.

Необхідно:

1. визначити коефіцієнт реактивної потужності $\tan\varphi$ для кожної групи обладнання;
2. визначити реактивну потужність кожної групи електроприймачів;
3. визначити місячний обсяг реактивної електроенергії;
4. визначити загальний обсяг реактивної електроенергії підприємства;
5. розрахувати плату за перетоки реактивної електроенергії.

2. Теоретичні відомості

Якщо прилади обліку реактивної електроенергії відсутні, обсяг реактивної електроенергії визначають розрахунковим способом на основі встановленої активної потужності електроприймачів, коефіцієнта потужності та часу їх роботи.

Коефіцієнт реактивної потужності визначається $\tan\varphi = \frac{\sqrt{(1 - \cos^2\varphi)}}{\cos\varphi}$.

Розрахункова реактивна потужність групи електроприймачів:

$$Q = P \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

де P -сумарна активна потужність групи електроприймачів, кВт;

Q - реактивна потужність, квар.

Сумарна активна потужність групи $P = P_{\text{од}} \cdot n$,

де $P_{\text{од}}$ - потужність одного електроприймача, кВт;

n - кількість електроприймачів.

Реактивна електроенергія за розрахунковий період $W_Q = Q \cdot t$,

де t - тривалість роботи обладнання, год.

Загальний обсяг реактивної електроенергії $W_{Q\text{заг}} = \sum W_{Qi}$.

Плата за перетоки реактивної електроенергії $\Pi_Q = W_{Q\text{заг}} \cdot C_q$.

3. Алгоритм розрахунку

1. Для кожної групи обладнання визначити коефіцієнт реактивної потужності $\operatorname{tg} \varphi$.
2. Визначити сумарну активну потужність групи.
3. Розрахувати реактивну потужність групи.
4. Визначити реактивну електроенергію за місяць.
5. Просумувати реактивну електроенергію всіх груп.
6. Розрахувати плату за перетоки реактивної електроенергії.
7. Проаналізувати отримані результати.

4. Розв'язання задачі

Крок 1. Визначаємо коефіцієнт реактивної потужності першої групи

Крок 2. Визначаємо активну та реактивну потужність першої групи

Крок 3. Визначаємо реактивну електроенергію першої групи

Крок 4. Визначаємо коефіцієнт реактивної потужності другої групи

Крок 5. Визначаємо активну та реактивну потужність другої групи

Крок 6. Визначаємо реактивну електроенергію другої групи

Крок 7. Визначаємо коефіцієнт реактивної потужності третьої групи

Крок 8. Визначаємо активну та реактивну потужність третьої групи

Крок 9. Визначаємо реактивну електроенергію третьої групи

Крок 10. Визначаємо загальний обсяг реактивної електроенергії

Крок 11. Визначаємо плату за перетоки реактивної електроенергії

5. Результати розрахунку

За отриманими результатами заповнити подану нижче таблицю

Група електроприймачів	Активна потужність, кВт	$tg\varphi$	Реактивна потужність, квар	Час роботи, год	Реактивна електроенергія, квар·год
4 двигуни по 30 кВт					
3 двигуни по 15 кВт					
2 насоси по 22 кВт					
Разом		—		—	

Загальний результат

- Загальний обсяг реактивної електроенергії складає .
- Тариф $0,22 \text{ грн}/(\text{квар}\cdot\text{год})$.
- Плата за перетоки реактивної електроенергії складає:

Висновок

Зробити висновок по отриманим розрахункам.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА:

1. Відновлювані джерела енергії / За заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с. ISBN 978-966-999-077-8
2. Нормативно правова база енерговикористання: Методичні вказівки до виконання практичних робіт для студентів наряду підготовки “Електротехніка та електротехнології” спеціальності 7.000008 “Енергетичний менеджмент” / Укл.: П.Г. Плешков, О.І. Сіріков. – Кіровоград: КНТУ, 2010 – 59 с.
3. Хомутський В.О., Ткаченко І.О. Енергоефективність систем енергозабезпечення промисловості : монографія. Київ : НУЕУ, 2023. 230 с.
4. Писаренко В.І., Корнієнко С.Б. Надійність електроенергетичних систем та управління ризиками: навч. посібник. Київ : НУЕУ, 2022. 242 с.
5. Кунденко Є.О., Чорний А.О. Smart Grid та системи гнучкості електроенергетичних мереж України : монографія. Київ: Інститут електродинаміки НАН України, 2022. 284 с.
6. Рудик В.Є., Сидоренко С.П. Методи підвищення енергоефективності будівельних систем електропостачання: навч. посібник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 202 с.
7. Буткевич В. М., Дяченко О. А. Діагностика та моніторинг технічного стану систем енергозабезпечення : монографія. Харків : НТУ «ХПІ», 2021. 210 с.
8. Енергетична стратегія України на період до 2030 р. Вилучено з <https://de.com.ua/uploads/0/1703-EnergyStrategy2030.pdf>
9. Лежнюк П.Д. Електроощадні технології в електричних мережах енергосистем
10. / Любов Наумівна Добровольська, Володимир Володимирович Кулик, Петро Дем'янович Лежнюк // Під редакцією Лежнюка П.Д. – Луцьк: ІВВ Луцького НТУ, 2018. – 328 с.
11. Кулик В.В. Технологічні витрати електроенергії в розподільних мережах 10-0,38 кВ: навчальний посібник/ В.В. Кулик, А.В. Пислярова, Д.С. Писляров. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – 180 с

Навчальне видання

Олійник Юлія Сергіївна

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА НАДІЙНІСТЬ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ ТА
ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ**

Методичні вказівки до практичних робіт