

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІННОВАТИКИ,
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ІНФРАСТРУКТУРИ**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор навчально-наукового інституту інноватики, природокористування та інфраструктури

Василь БРИЧ

« 29 » 08 2025 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з науково-педагогічної роботи

Віктор ОСТРОВЕРХОВ

« 29 » 08 2025 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор навчально-наукового інституту новітніх освітніх технологій

Святослав ПИТЕЛЬ

« 29 » 08 2025 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА

з дисципліни **«Енергозбереження в системах електропостачання підприємств»**

ступінь вищої освіти – **перший (бакалаврський) рівень**

галузь знань – **14 «Електрична інженерія»**

спеціальність – **141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»**

освітньо-професійна програма **«Енергетичний аудит»**

Кафедра бізнес-аналітики та інноваційного інжинірингу

Форма навчання	Курс	Семестр	Лекції (год.)	Практ. заняття (год.)	ІРС, год.	Тренінг, (год.)	Самост. робота студ., (год.)	Разом, (год.)	Екзамен, (сем.)
Денна	IV	7	32	14	3	6	95	150	7
Заочна	IV	7	8	4	-	-	138	150	7

Тернопіль – ЗУНУ
2025

Робочу програму розробив к. е. н., доцент, доцент кафедри бізнес-аналітики та інноваційного інжинірингу Олексій ЯРОЩУК

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри бізнес-аналітики та інноваційного інжинірингу, протокол № 1 від 26 серпня 2025 р.

В.о. завідувача кафедри,
д. е. н., професор

Руслан БРУХАНСЬКИЙ

Гарант ОПП
«Енергетичний аудит»,
к. т. н., доцент

Петро КЛЕНДІЙ

СТРУКТУРА РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Енергозбереження в системах електропостачання підприємств»

1. ОПИС ДИСЦИПЛІНИ

Дисципліна – «Енергозбереження в системах електропостачання підприємств»	Галузь знань, спеціальність, ступінь вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів ECTS: – 5	Галузь знань 14 «Електрична інженерія»	Статус дисципліни – вибіркова дисципліна Мова навчання – українська
Кількість залікових модулів <i>Денна форма навчання – 3</i>	Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»	Рік підготовки – 4 <i>Денна – 4 Заочна – 4 Семестр: Денна – 7 Заочна – 7</i>
Кількість змістових модулів – 4	Ступінь вищої освіти – бакалавр	Лекції: <i>Денна – 32 год. Заочна – 8 год.</i> Практичні заняття: <i>Денна – 14 год. Заочна – 4 год.</i>
Загальна кількість годин –150	Освітньо-професійна програма: «Енергетичний аудит»	Індивідуальна робота <i>Денна – 4 год.</i> Тренінг – 8 год. Самостійна робота: <i>Денна – 95 год. Заочна – 138 год.</i>
Тижневих годин <i>денна форма – 10 з них аудиторних – 3</i>		Вид підсумкового контролю – залік

2. МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ

«Енергозбереження в системах електропостачання підприємств»

2.1 Мета дисципліни

Мета вивчення навчальної дисципліни «Енергозбереження в системах електропостачання підприємств» полягає у формуванні у здобувачів вищої освіти системних знань і практичних умінь щодо принципів енергоефективності та енергозбереження у системах електропостачання, методів оцінювання та зниження втрат електроенергії, підвищення якості електричної енергії, впровадження сучасних технічних рішень (компенсація реактивної потужності, фільтрація гармонік, енергоефективний електропривод, освітлювальні системи, АСКОЕ/АМІ), а також економічного обґрунтування і управління заходами з

енергозбереження відповідно до міжнародних стандартів (ISO 50001, EN 50160, IEEE 519, IPMVP).

Досягнення цієї мети забезпечує здатність випускників ефективно вирішувати професійні завдання у сфері проектування, експлуатації, енергоаудиту та енергоменеджменту підприємств, спрямовані на зниження енергоспоживання, оптимізацію витрат і інтеграцію сучасних енергоощадних технологій.

2.2. Завдання вивчення дисципліни

Основними завданнями вивчення навчальної дисципліни «Енергозбереження в системах електропостачання підприємств» є:

1. Ознайомлення з нормативно-правовою базою енергозбереження, міжнародними та національними стандартами (ISO 50001, EN 50160, IEEE 519, IPMVP).
2. Формування знань щодо складання енергетичного балансу підприємств, методів виявлення та оцінювання втрат електроенергії у мережах різних рівнів напруги.
3. Опанування методів підвищення енергоефективності роботи електроприводів, систем освітлення, компенсації реактивної потужності та покращення якості електроенергії.
4. Засвоєння принципів і технологій побудови систем автоматизованого обліку та управління енергоспоживанням (АСКОЕ/AMI), інтеграції відновлюваних джерел енергії та накопичувачів.
5. Розвиток навичок застосування економіко-математичних методів для обґрунтування інвестицій у заходи з енергозбереження (NPV, IRR, DPB, LCOE, LCOS).
6. Набуття вмінь планування, проведення та документування енергоаудиту відповідно до вимог систем управління енергією та міжнародних протоколів вимірювання і верифікації ефекту (IPMVP).
7. Формування знань щодо дотримання вимог охорони праці, електробезпеки та екологічної безпеки під час експлуатації та впровадження енергозберігаючих технологій.

3. ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ

«Енергозбереження в системах електропостачання підприємств»

Змістовий модуль 1. Нормативно-методичні основи та енергетичний баланс підприємства

Тема 1. Міжнародні та національні стандарти в галузі енергозбереження

Основні нормативно-правові документи (ISO 50001, EN 50160, IEEE 519, IEC 60364). Європейська енергетична директива (EED). Українська нормативна база у сфері енергоефективності. Вимоги до проведення енергоаудиту. Ключові показники ефективності (KPI) у системах енергоменеджменту.

Тема 2. Енергетичний баланс підприємства

Структура енергетичного балансу. Класифікація споживачів за видами технологічних процесів. Методика складання балансу. Питомі витрати електроенергії. Показники SEC (Specific Energy Consumption). Виявлення основних енерговитратних процесів. Приклади розрахунків та побудова балансів для промислових підприємств.

Тема 3. Втрати електроенергії у мережах низької та середньої напруги

Класифікація втрат: активні, реактивні, втрати від несиметрії та гармонік. Методи розрахунку втрат у лініях і трансформаторах. Вплив перетину провідників, матеріалів та температури. Методи зниження втрат. Економічний ефект від оптимізації мережевих параметрів.

Змістовий модуль 2. Енергоощадні технології для основних споживачів

Тема 4. Енергоефективні електроприводи

Класифікація електродвигунів за енергоефективністю (IE2, IE3, IE4). Використання частотно-регульованих приводів (VFD). Особливості роботи електроприводів у режимах ПВ та ПН. Оптимізація механічних приводів (насоси, вентилятори, компресори). Розрахунок енергетичного ефекту. Приклади модернізації електроприводів.

Тема 5. Енергоощадне освітлення

Світлодіодні (LED) технології, їхні характеристики й переваги. Автоматизовані системи керування освітленням: датчики руху, освітленості, програмовані контролери, протокол DALI. Норми освітленості у виробничих і адміністративних приміщеннях. Методи розрахунку енергоспоживання систем освітлення. Оцінка економічного ефекту переходу на LED.

Тема 6. Компенсація реактивної потужності

Сутність реактивної потужності та її вплив на енергосистему. Пристрої компенсації (УКРМ, SVC, STATCOM). Вибір потужності компенсуювальних пристроїв. Ефект підвищення $\cos\phi$. Вплив компенсації на зменшення втрат та тарифів. Приклади розрахунків і схем компенсації.

Тема 7. Якість електроенергії та гармоніки

Показники якості електроенергії (напруга, частота, коефіцієнт гармонік THD). Джерела гармонічних спотворень. Наслідки для електрообладнання. Методи зниження рівня гармонік: пасивні та активні фільтри, гібридні рішення. Розрахунок впливу гармонік на втрати. Приклади практичного впровадження фільтраційних систем.

Змістовий модуль 3. Цифрові системи керування енергоспоживанням

Тема 8. Автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ/AMI)

Призначення та архітектура систем. Складові: лічильники, датчики, контролери, сервери даних. Принципи збору й обробки профілів навантажень. Інтеграція з SCADA/EMS. Використання АСКОЕ у промисловості.

Тема 9. Методи оптимізації графіків енергоспоживання

Формування добових і сезонних графіків навантажень. Методи керування піковими навантаженнями. Тарифні стратегії (TOU – time of use, CPP – critical peak pricing). Оптимізація енергоспоживання за допомогою LP-моделей. Приклади економії коштів за рахунок керування графіками.

Тема 10. Demand Response (DR) – системи реагування на попит

Сутність і класифікація DR-програм. Методи зниження пікового навантаження. Стимулюючі тарифи. Приклади застосування DR у промислових підприємствах і Smart Grid. Очікувані економічні та екологічні ефекти.

Тема 11. Інтеграція відновлюваних джерел енергії та накопичувачів

Особливості підключення сонячних і вітрових електростанцій. Вплив ВДЕ на якість та надійність електропостачання. Системи накопичення енергії (акумуляторні, суперконденсаторні, гібридні). Показники LCOE та LCOS. Приклади інтеграції ВДЕ у промислові енергосистеми.

Змістовий модуль 4. Економіка енергоефективності та управління

Тема 12. Техніко-економічне обґрунтування заходів

Методи фінансової оцінки (NPV, IRR, DPB). Сценарний та чутливистий аналіз. Оцінка ризиків інвестицій у заходи з енергоефективності. Приклади розрахунків окупності проєктів.

Тема 13. Система управління енергоспоживанням (СУЕН) за ISO 50001

Політика та стратегія енергоменеджменту. Планування та впровадження заходів. Внутрішній аудит. KPI систем енергоменеджменту. Бенчмаркінг енергоспоживання. Приклади створення СУЕН на підприємствах.

Тема 14. Міжнародні протоколи вимірювання та верифікації (IPMVP)

Основні положення IPMVP. Побудова базової лінії споживання. Методи коригування на зовнішні фактори. Підходи до оцінки невизначеності вимірювань. Приклади застосування M&V у промислових проектах.

Тема 15. Комплексна програма енергозбереження підприємства

Сутність і структура комплексних програм енергозбереження на підприємствах. Визначення стратегічних і тактичних цілей програми. Етапи розробки: енергоаудит, формування цільових показників, вибір пріоритетних заходів. Техніко-економічне обґрунтування заходів у програмі. Врахування чинників охорони праці та електробезпеки під час впровадження енергоощадних технологій. Екологічні аспекти: зменшення викидів парникових газів, вплив на довкілля, вимоги сталого розвитку. Нормативно-правові основи включення безпекових і екологічних положень у комплексні програми. Приклади корпоративних та галузевих програм енергозбереження в Україні та ЄС. Методи моніторингу, вимірювання й верифікації досягнутих результатів.

4. СТРУКТУРА ЗАЛІКОВОГО КРЕДИТУ ДИСЦИПЛІНИ «Енергозбереження в системах електропостачання підприємств» (денна форма)

Тема	Кількість, годин, в т. ч.					
	Лекції	Практичні	Індивідуальна робота	Тренінг	Самостійна робота	Контрольні заходи
Змістовий модуль 1. Нормативно-методичні основи та енергетичний баланс підприємства						
Тема 1. Міжнародні та національні стандарти в галузі енергозбереження	2	1	-	-	6	Поточне оцінювання
Тема 2. Енергетичний баланс підприємства	2				7	Поточне оцінювання
Тема 3. Втрати електроенергії у мережах низької та середньої напруги	2	1			7	Поточне оцінювання
Змістовий модуль 2. Енергоощадні технології для основних споживачів						
Тема 4. Енергоефективні електроприводи	2	1	1	2	7	Поточне оцінювання
Тема 5. Енергоощадне освітлення	2	1			7	Поточне оцінювання
Тема 6. Компенсація реактивної потужності	2	1			7	Поточне оцінювання
Тема 7. Якість електроенергії та гармоніки	2	1			7	Поточне оцінювання
Змістовий модуль 3. Цифрові системи керування енергоспоживанням						
Тема 8. Автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ/AMI)	2	1	1	3	7	Поточне оцінювання
Тема 9. Методи оптимізації графіків енергоспоживання	2	1			6	Поточне оцінювання
Тема 10. Demand Response (DR) – системи реагування на попит	2	1			6	Поточне оцінювання
Тема 11. Інтеграція відновлюваних джерел енергії та накопичувачів	2	1			6	Поточне оцінювання
Змістовий модуль 4. Економіка енергоефективності та управління						
Тема 12. Техніко-економічне обґрунтування заходів	2	1	1	3	6	Поточне оцінювання
Тема 13. Система управління енергоспоживанням (СУЕН) за ISO 50001	2	1			6	Поточне оцінювання
Тема 14. Міжнародні протоколи вимірювання та верифікації (IPMVP)	2	1			6	Поточне оцінювання
Тема 15. Комплексна програма енергозбереження підприємства	2	1			6	Поточне оцінювання
Разом	32	14	3	8	93	Залік

СТРУКТУРА ЗАЛІКОВОГО КРЕДИТУ ДИСЦИПЛІНИ
«Енергозбереження в системах електропостачання підприємств»
(заочна форма)

Тема	Кількість, годин, в т. ч.			
	Лекції	Практичні	Самостійна робота	Контрольні заходи
Змістовий модуль 1. Нормативно-методичні основи та енергетичний баланс підприємства				
Тема 1. Міжнародні та національні стандарти в галузі енергозбереження	1	-	9	-
Тема 2. Енергетичний баланс підприємства	1	1	9	-
Тема 3. Втрати електроенергії у мережах низької та середньої напруги	1	-	9	-
Змістовий модуль 2. Енергоощадні технології для основних споживачів				
Тема 4. Енергоефективні електроприводи	1	1	9	-
Тема 5. Енергоощадне освітлення	1	-	9	-
Тема 6. Компенсація реактивної потужності	1	-	9	-
Тема 7. Якість електроенергії та гармоніки	1	-	9	-
Змістовий модуль 3. Цифрові системи керування енергоспоживанням				
Тема 8. Автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ/AMI)	1	1	10	-
Тема 9. Методи оптимізації графіків енергоспоживання	-	1	9	-
Тема 10. Demand Response (DR) – системи реагування на попит	-	-	10	-
Тема 11. Інтеграція відновлюваних джерел енергії та накопичувачів	-	-	9	-
Змістовий модуль 4. Економіка енергоефективності та управління				
Тема 12. Техніко-економічне обґрунтування заходів	1	-	9	-
Тема 13. Система управління енергоспоживанням (СУЕН) за ISO 50001	-	-	9	-
Тема 14. Міжнародні протоколи вимірювання та верифікації (IPMVP)	-	-	10	-
Тема 15. Комплексна програма енергозбереження підприємства	-	-	9	-
Разом	8	4	138	Залік

5. ТЕМАТИКА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Тема: Нормативно-правова база та стандарти енергозбереження

Мета заняття: засвоїти основні вимоги міжнародних та національних стандартів у сфері енергоефективності, навчитися визначати їхнє практичне застосування на підприємствах.

Питання для обговорення:

1. Міжнародні стандарти: ISO 50001, EN 50160, IEEE 519, IEC 60364.
2. Європейська директива з енергоефективності (EED).
3. Національна нормативна база України.
4. Вимоги до проведення енергоаудиту.
5. Ключові показники ефективності енергоменеджменту (KPI).

Тема: Енергетичний баланс підприємства

Мета заняття: навчитися складати енергетичний баланс підприємства та визначати питомі витрати електроенергії.

Питання для обговорення:

1. Структура енергетичного балансу підприємства.
2. Класифікація споживачів за видами процесів.
3. Методика розрахунку питомих витрат.
4. Ідентифікація енерговитратних вузлів.
5. Приклади складання балансів для промислових підприємств.

Тема: Втрати електроенергії у мережах НН і СН

Мета заняття: сформувати навички розрахунку активних і реактивних втрат у мережах та методів їх зниження.

Питання для обговорення:

1. Класифікація втрат у електричних мережах.
2. Розрахунок втрат у проводах і трансформаторах.
3. Вплив перетину провідників і матеріалів.
4. Вплив температури і режимів роботи.
5. Економічний ефект від зниження втрат.

Тема: Енергоефективний електропривод

Мета заняття: опанувати методи підвищення ефективності роботи електроприводів.

Питання для обговорення:

1. Класи енергоефективності електродвигунів (IE2–IE4).
2. Частотно-регульовані приводи (VFD) і принципи роботи.
3. Режим роботи ПВ/ПН.
4. Розрахунок економії від модернізації.
5. Приклади енергоощадних електроприводів.

Тема: Енергоощадне освітлення

Мета заняття: сформувати навички оптимізації систем освітлення на підприємствах.

Питання для обговорення:

1. LED-технології та їх характеристики.
2. Автоматизоване керування освітленням (датчики, DALI).
3. Норми освітленості.
4. Методи розрахунку економії.
5. Приклади реалізації енергоощадних систем освітлення.

Тема: Компенсація реактивної потужності

Мета заняття: навчитися обґрунтовувати вибір пристроїв компенсації реактивної потужності.

Питання для обговорення:

1. Сутність реактивної потужності та її вплив на мережу.
2. Пристрої компенсації: УКРМ, SVC, STATCOM.
3. Розрахунок потужності компенсаторів.
4. Вплив компенсації на $\cos\phi$ і зниження втрат.
5. Приклади схем компенсації.

Тема: Якість електричної енергії та гармоніки

Мета заняття: навчитися оцінювати якість електроенергії та розробляти заходи для зниження гармонік.

Питання для обговорення:

1. Показники якості електроенергії: напруга, частота, THD.
2. Джерела виникнення гармонік.
3. Наслідки впливу гармонік на обладнання.
4. Методи зниження гармонік: пасивні та активні фільтри.
5. Приклади впровадження фільтраційних систем.

Тема: Автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ/АМІ).

Мета заняття: навчитися аналізувати дані автоматизованих систем обліку електроенергії.

Питання для обговорення:

1. Архітектура АСКОЕ/АМІ.
2. Прилади обліку та їх функції.
3. Побудова профілів навантаження.
4. Виявлення пікових навантажень.
5. Приклади використання АСКОЕ на підприємствах.

Тема: Методи оптимізації графіків енергоспоживання.

Мета заняття: навчитися застосовувати методи оптимізації графіків і тарифних стратегій.

Питання для обговорення:

1. Добові та сезонні графіки навантаження.
2. Методи керування піками.
3. Тарифні стратегії (TOU, CPP).
4. Лінійне програмування для оптимізації графіка.
5. Економічний ефект від оптимізації.

Тема: Інтеграція відновлюваних джерел енергії та накопичувачів

Мета заняття: засвоїти принципи поєднання ВДЕ та систем зберігання енергії з мережами підприємств.

Питання для обговорення:

1. Види ВДЕ, що застосовуються на підприємствах.
2. Вплив на якість електроенергії.
3. Системи накопичення енергії: акумулятори, суперконденсатори.
4. Показники LCOE та LCOS.
5. Приклади інтеграції ВДЕ.

Тема: Demand Response (DR) – системи реагування на попит

Мета заняття: сформувані у студентів знання про принципи роботи та класифікацію систем Demand Response, розкрити їхню роль у забезпеченні гнучкості енергосистеми та підвищенні енергоефективності підприємств. Розвинути практичні навички аналізу DR-програм, оцінювання їх економічної доцільності та можливостей впровадження у промислових і побутових споживачів електроенергії.

Питання для обговорення:

1. Принципи роботи систем Demand Response.
2. Класифікація DR-програм (індивідуальні, агреговані, промислові, побутові).
3. Економічні стимули та тарифи для учасників DR.
4. Приклади реалізації DR у розподільчих мережах.

5. Використання смарт-лічильників та автоматизованих систем керування навантаженнями.
6. Вигоди та обмеження впровадження DR у промислових підприємствах.

Тема: Техніко-економічне обґрунтування заходів з енергоефективності

Мета заняття: опанувати методи фінансової оцінки проектів енергозбереження.

Питання для обговорення:

7. Методи аналізу: NPV, IRR, DPB.
8. Сценарний та чутливісний аналіз.
9. Ризики енергозберігаючих проектів.
10. Приклади розрахунків окупності.
11. Порівняння альтернативних заходів.

Тема: Система управління енергоспоживанням (СУЕН) за ISO 50001.

Мета заняття: навчитися формувати систему управління енергоспоживанням.

Питання для обговорення:

1. Політика та стратегія енергоменеджменту.
2. Планування та впровадження заходів.
3. КРІ систем енергоменеджменту.
4. Внутрішній аудит.
5. Приклади побудови СУЕН на підприємствах.

Тема: Міжнародні протоколи вимірювання та верифікації (IPMVP).

Мета заняття: навчитися будувати базову лінію та оцінювати ефект заходів з енергозбереження.

Питання для обговорення:

1. Основні принципи IPMVP.
2. Побудова базової лінії.
3. Методи коригування результатів.
4. Оцінка невизначеності вимірювань.
5. Приклади застосування M&V.

Тема: Комплексна програма енергозбереження

Мета заняття: навчитися формувати портфель заходів з енергоефективності для підприємства.

Питання для обговорення:

1. Аналіз споживання та втрат.
2. Вибір технічних і організаційних заходів.
3. Економічне обґрунтування пакету рішень.
4. Планування реалізації заходів.
5. Очікуваний ефект і ризики.

6. ОРГАНІЗАЦІЯ І ПРОВЕДЕННЯ ТРЕНІНГУ

Тема тренінгу: *Енергоаудит та управління енергоспоживанням підприємства*

Мета тренінгу: сформувати у здобувачів практичні навички застосування теоретичних знань у реальних виробничих умовах, відпрацювати алгоритм проведення енергоаудиту та планування заходів з енергозбереження з використанням міжнародних стандартів (ISO 50001, IPMVP) і сучасних цифрових інструментів.

Форма проведення: інтерактивний тренінг у форматі ділової гри з моделюванням діяльності енергоменеджерів та аудиторів підприємства.

Структура та зміст тренінгу

1. Вступна частина – ознайомлення з метою тренінгу, розподіл ролей у командах («аудитори» та «менеджмент підприємства»).
2. Аналіз вихідних даних – робота з енергетичним балансом підприємства (графіки споживання, звітні дані, профілі навантажень).
3. Виявлення проблемних зон – визначення вузлів найбільших втрат електроенергії, аналіз показників якості електроенергії, ідентифікація резервів енергозбереження.
4. Розробка заходів – формування переліку технічних і організаційних заходів: компенсація реактивної потужності, оптимізація графіка навантажень, модернізація електроприводів і систем освітлення, використання VFD, інтеграція ВДЕ та накопичувачів.
5. Економічне обґрунтування – розрахунок показників NPV, IRR, терміну окупності; оцінка ризиків і сценаріїв розвитку.
6. План M&V – підготовка плану вимірювань та верифікації ефекту заходів відповідно до IPMVP; визначення базової лінії споживання.
7. Презентація результатів – захист проектів команд перед аудиторією з подальшим обговоренням та оцінкою.
8. Підсумкова частина – загальні висновки, рекомендації та виставлення оцінок.

Очікувані результати тренінгу

- уміння аналізувати енергоспоживання та визначати резерви енергоефективності;
- навички розробки та економічного обґрунтування заходів з енергозбереження;
- здатність будувати план вимірювань та верифікації (M&V) ефекту заходів;
- розвиток навичок командної роботи та презентації результатів;
- усвідомлення ролі енергоменеджменту у сучасному виробництві.

Критерії оцінювання результатів проходження тренінгу (100-бальна система)

- 90–100 балів – у повному обсязі володіє матеріалом, самостійно та аргументовано його використовує, демонструє глибокий аналіз, творчий підхід та високий рівень командної роботи.

- 75–89 балів – достатньо повно володіє матеріалом, але окремим завданням бракує глибини чи аргументованості; допускаються несуттєві неточності; загалом демонструє творчий підхід.
- 65–74 бали – володіє матеріалом на базовому рівні, без глибокого аналізу; допускає суттєві неточності; проявляє лише часткову здатність до творчого підходу.
- 60–64 бали – володіє матеріалом частково; знання фрагментарні, без аргументованості; завдання розкрито поверхово; творчий підхід відсутній.
- 1–59 балів – не володіє матеріалом; не розкриває зміст завдань; відсутні як теоретичні знання, так і практичні навички.

7. САМОСТІЙНА РОБОТА

Основним завданням самостійної роботи студентів є опрацювання спеціальної літератури та оволодіння теоретико-методичними й прикладними аспектами енергозбереження в системах електропостачання підприємств.

Самостійна робота є основним засобом засвоєння здобувачами навчального матеріалу в позааудиторний час. Обсяг і зміст самостійної роботи визначається робочою програмою та навчальним планом у межах встановленого обсягу годин із навчальної дисципліни, а також методичними вказівками викладача. Самостійна робота здобувача забезпечується системою навчально-методичних засобів: конспектами лекцій, підручниками, навчальними й методичними посібниками, монографічною літературою та сучасною періодикою.

Навчальний матеріал, передбачений навчальним планом для самостійного опрацювання, виноситься на підсумковий контроль поряд із матеріалом, опрацьованим на практичних і лабораторних заняттях. Викладач проводить перевірку якості виконання самостійної роботи під час індивідуальних консультацій.

Завдання виконує кожен здобувач шляхом підготовки **творчої роботи у вигляді реферату з презентацією** згідно із рекомендованою тематикою (розподіляється за порядковим номером у журналі). Темі рефератів охоплюють ключові аспекти енергетичного менеджменту, енергоаудиту та технічних рішень енергоефективності, дозволяючи студентам глибше дослідити проблематику й розвивати критичне мислення.

Реферат – це завершена теоретична робота з конкретної проблематики (теми) в межах навчальної програми. Виконується самостійно за консультаційної підтримки викладача, подається за два тижні до заліку, захищається у вигляді усного звіту з презентацією.

Основні вимоги до оформлення

- Обсяг: до 10 сторінок основного тексту.
- Шрифт: Times New Roman, 14 пт.
- Інтервал: 1,5.
- Поля: верхнє і нижнє – 20 мм, ліве – 30 мм, праве – 10 мм.
- Вирівнювання: по ширині.
- Нумерація: зверху праворуч, починаючи з другої сторінки.
- Структура: титульний аркуш, зміст, вступ, основна частина, висновки, список використаних джерел, додатки (за потреби).

- Посилання: у квадратних дужках або підрядкові примітки, згідно з обраним стандартом (ДСТУ, АРА тощо).
- Ілюстрації й таблиці: обов'язково нумеруються та підписуються («Таблиця 1 – Назва», «Рисунок 1 – Назва»).

Орієнтовна тематика самостійної роботи

1. Нормативно-правова база енергозбереження в Україні та ЄС.
2. Стандарти ISO 50001 та EN 50160 у практиці енергоменеджменту.
3. Побудова енергетичного балансу промислового підприємства.
4. Методи розрахунку втрат у кабельних та повітряних лініях.
5. Визначення економічного ефекту від зменшення втрат.
6. Компенсація реактивної потужності: технічні рішення й приклади.
7. Оцінка якості електроенергії та її вплив на роботу обладнання.
8. Використання частотно-регульованих електроприводів для економії енергії.
9. Енергоефективне освітлення: LED і системи автоматизованого керування.
10. Використання даних АСКОЕ/АМІ для оптимізації графіків навантаження.
11. Методи керування піковим навантаженням на підприємствах.
12. Економіко-математичні моделі оцінки ефективності енергоощадних заходів (NPV, IRR, LCOE).
13. Система управління енергоспоживанням (СУЕН) за ISO 50001.
14. Міжнародні протоколи IPMVP: вимірювання та верифікація енергозбереження.
15. Інтеграція ВДЕ та систем накопичення енергії у внутрішні мережі підприємств.
16. Охорона праці та екологічна складова у проектах енергоефективності.

Критерії оцінювання результатів самостійної роботи (100-бальна система)

- 90–100 балів – робота повністю відповідає вимогам, містить елементи самостійного дослідження, свідчить про високий рівень опанування матеріалу; студент демонструє творчий підхід.
- 75–89 балів – робота в основному відповідає вимогам, містить незначні недоліки; свідчить про належний рівень опанування матеріалу; творчий підхід наявний.
- 60–74 бали – завдання виконані на недостатньому рівні; аргументація слабка; є помилки; рівень засвоєння матеріалу середній.
- 1–59 балів – завдання практично не виконано; відсутні авторські напрацювання; рівень знань низький; творчий підхід відсутній.

Оцінювання результатів самостійної роботи студентів заочної форми навчання здійснюється під час складання екзамену.

8. ЗАСОБИ ОЦІНЮВАННЯ ТА МЕТОДИ ДЕМОНСТРУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

У процесі вивчення дисципліни «Енергозбереження в системах електропостачання підприємств» використовуються наступні засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання:

- поточне оцінювання;
- опитування (тестування) у розрізі змістових модулів;
- оцінювання результатів проходження тренінгу;

– оцінювання результатів самостійної роботи.

9. ПОЛІТИКА ЩОДО ОЦІНЮВАННЯ ТА ВІДВІДУВАННЯ

Політика щодо граничних термінів і перескладання: Для виконання індивідуальних завдань і проведення контрольних заходів встановлюються конкретні терміни. Перескладання модулів відбувається з дозволу дирекції факультету (інституту) за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

Політика щодо академічної доброчесності: Використання друкованих і електронних джерел інформації під час контрольних заходів та екзаменів заборонено.

Політика щодо відвідування: За об'єктивних причин (наприклад, карантин, воєнний стан, хвороба, закордонне стажування) навчання може відбуватись в онлайн формі за погодженням із керівником курсу.

10. Політика щодо визнання результатів навчання

Відповідно до «Положення про визнання в Західноукраїнському національному університеті результатів попереднього навчання» (https://www.wunu.edu.ua/pdf/pologenya/Polozhennya_ruzult_poper_navch.pdf) здобувачам вищої освіти може бути зараховано результати навчання (неформальної/інформальної освіти, академічної мобільності тощо) на підставі підтвердних документів (сертифікати, довідки, документи про підвищення кваліфікації тощо). Рішення про зарахування здобувачу результатів (певного освітнього компонента в цілому, або ж окремого виду навчальної роботи за таким освітнім компонентом) приймається уповноваженою Комісією з визнання результатів навчання за процедурою, визначеною вищезазначеним положенням.

11. Критерії, форми поточного та підсумкового контролю

Підсумковий бал (за 100-бальною шкалою) з дисципліни «Енергозбереження в системах електропостачання підприємств» визначається як середньозважена величина, залежно від питомої ваги кожної складової залікового кредиту:

Структура залікового кредиту для студентів (залік) %:

Модуль 1		Модуль 2	Модуль 3
40 %	40 %	5%	15%
Поточне оцінювання	Модульна робота	Тренінг	Самостійна робота
Середній бал за результатами поточного оцінювання за всіма темами курсу	Письмова робота за всіма темами курсу: теоретичне питання - 30 балів; 10 тестів по 3 бали; 2 задачі по 20 балів	Середній бал за результатами виконання завдань тренінгу	Середній бал за результатами виконання завдань з самостійної роботи

Поточне опитування під час заняття:

90-100 балів – у повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно самостійно та аргументовано його викладає під час відповідей, глибоко та всебічно розкриває зміст теоретичних питань;

75-89 балів – достатньо повно володіє навчальним матеріалом, але при викладанні деяких питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, допускаються при цьому окремі несуттєві неточності та незначні помилки;

65-74 бали – в цілому володіє навчальним матеріалом та викладає його основний зміст, але без глибокого всебічного аналізу, обґрунтування та аргументації, допускаючи при цьому окремі суттєві неточності та помилки;

60-64 бали – не в повному обсязі володіє навчальним матеріалом, фрагментарно (без аргументації та обґрунтування) його викладає, недостатньо розкриває зміст теоретичних питань, допускаючи при цьому суттєві неточності;

0-59 балів – не володіє навчальним матеріалом, не розкриває зміст теоретичних питань.

Модульна робота — це форма контролю рівня засвоєння теоретичного та практичного матеріалу з усіх тем курсу. Її максимальна оцінка становить 100 балів, які розподіляються за видами завдань таким чином:

- одне теоретичне питання – 30 балів;
- 10 тестових запитань по 3 бали кожне – 30 балів;
- дві практичні задачі по 20 балів кожна – 40 балів.

Модульна робота складається із:

1. Теоретичне питання (30 балів):

2 теоретичних питання, за відповідь на які здобувач освіти може отримати від 0 до 30 балів.

- 25–30 балів – здобувач у повному обсязі володіє матеріалом, логічно, послідовно та аргументовано розкриває зміст питання, демонструє самостійність мислення, робить узагальнення та висновки.
- 15-24 бали – здобувач достатньо володіє матеріалом, але відповідь має поверховий характер, бракує аргументації або глибини розкриття.
- 0-14 балів – відповідь фрагментарна, з наявними суттєвими неточностями або помилками, без належного логічного обґрунтування.

2. Тестові завдання (30 балів)

- 10 тестів, кожен оцінюється у 3 бали.
- 3 бали – правильна відповідь,
- 0 балів – неправильна або відсутня відповідь.

3. Практичні задачі ($2 \times 20 = 40$ балів)

- 15-20 балів – здобувач правильно розв'язує задачу, застосовує відповідні методи, робить обґрунтовані розрахунки та висновки, демонструє повне розуміння практичного аспекту теми.
- 8-14 балів – розв'язання в основному правильне, але містить незначні неточності або часткову відсутність обґрунтування.
- 0-7 балів — розв'язання неповне, з грубими помилками, без аргументації, відсутня логіка виконання або висновки не відповідають завданню.

Шкала оцінювання:

За шкалою ЗУНУ	За національною шкалою	За шкалою ECTS
90–100	Відмінно	A (відмінно)

85-89	Добре	В (дуже добре)
75-84		С (добре)
65-74	Задовільно	Д (задовільно)
60-64		Е (достатньо)
35-59	Незадовільно	FX (незадовільно з можливістю повторного складання)
1-34		F (незадовільно з обов'язковим повторним курсом)

11. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ЯКИХ ПЕРЕДБАЧАЄ ДИСЦИПЛІНА

№	Найменування	Номер теми
1.	Мультимедійний проєктор	1-15
2.	Екран проєкційний	1-15
3.	Комп'ютеризована аудиторія, доступ до мережі Інтернет	1-15
4.	Телекомунікаційне програмне забезпечення (Internet Explorer, Opera, Google Chrome, Firefox).	1-15
5.	Комунікаційна навчальна платформа Moodle для організації дистанційного навчання (за необхідності)	1-15
6.	Комунікаційне програмне забезпечення Zoom для проведення занять в режимі on-line (за необхідності)	1-15
7.	Програмне забезпечення базових інформаційних технологій: ОС Windows, MS Office (Word, Excel, PowerPoint)	1-15
8.	Спеціалізоване програмне забезпечення для енергетичних розрахунків (ETAP, DigSILENT PowerFactory, MathCAD, MATLAB/Simulink)	3-15
9.	Програмне забезпечення для аналізу якості електроенергії та компенсації реактивної потужності (PQ Analyzer, PQSecure тощо)	6-7
10.	Лічильники електроенергії з інтерфейсами передачі даних (AMI, Smart Meter)	8-11
11.	Вимірювальні прилади для енергетичних аудитів (електронні аналізатори, тепловізори, реєстратори навантаження)	2-12

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. ДСТУ EN 50160:2023 (EN 50160:2022, IDT). Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2023.
2. ДСТУ ISO 50001:2020 (ISO 50001:2018, IDT). Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2020.
3. Закон України «Про енергоефективність» № 1818-IX від 21.10.2021. Київ: Верховна Рада України, 2021.

4. Маліновський А. А., Хохулін Б. К. Основи електроенергетики та електропостачання: навч. посіб. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2006. 312 с.
5. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (НПАОП 40.1-1.21-98). Київ: Держнаглядохоронпраці, 1998.
6. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕЕС). Наказ Мінпаливенерго України № 258 від 25.07.2006 (із подальшими змінами). Київ, 2006.
7. He C., Yang B., Luo Z., Liu G. Research on a new topology and reactive power compensation application of reinjection multilevel voltage source converter. *Applied Sciences*. 2024. Vol. 14, No. 21. P. 9998. DOI: 10.3390/app14219998.
8. ASHRAE Guideline 14-2014. Measurement of Energy, Demand, and Water Savings. Atlanta: ASHRAE, 2014.
9. Bollen M. H. J. Understanding Power Quality Problems: Voltage Sags and Interruptions. New York: Wiley-IEEE Press, 2000. 544 p.
10. Brown T. International review of demand response mechanisms. AEMC Report. Sydney: Australian Energy Market Commission, 2019.
11. Capehart B. L., Turner W. C., Kennedy W. J. Guide to Energy Management. 8th ed. Gistrup: River Publishers, 2016. 762 p.
12. Directive (EU) 2023/1791 of the European Parliament and of the Council of 13 September 2023 on energy efficiency (recast). *Official Journal of the European Union*. 2023.
13. Dugan R. C., McGranaghan M. F., Santoso S., Beaty H. W. Electrical Power Systems Quality. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 2012. 528 p.
14. EN 50160:2010 + A3:2019. Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution networks. Brussels: CENELEC, 2019.
15. EN 50598-2:2014/A1:2016. Ecodesign for power drive systems, motor starters, power electronics and their driven applications — Energy efficiency indicators. Brussels: CENELEC, 2016.
16. EVO 10000-1:2022. Core Concepts. International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP). Washington, DC: Efficiency Valuation Organization, 2022.
17. Fuchs E. F., Masoum M. A. S. Power Quality in Power Systems and Electrical Machines. 2nd ed. Oxford: Academic Press (Elsevier), 2015. 1072 p.
18. Golmohamadi H., et al. Demand-side management in industrial sector: a review of industrial demand response opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2022. Vol. 154. Art. 111889. DOI: 10.1016/j.rser.2021.111889.
19. IEC 60034-30-1:2014. Rotating electrical machines — Part 30-1: Efficiency classes of line operated AC motors (IE code). Geneva: IEC, 2014.
20. IEC 60287-1-1:2014. Electric cables — Calculation of the current rating — Part 1-1: Current rating equations (100% load factor) and calculation of losses. Geneva: IEC, 2014.
21. IEC 60364-4-43:2023. Low-voltage electrical installations — Part 4-43: Protection for safety — Protection against overcurrent. Geneva: IEC, 2023.
22. IEC 60364-5-52:2009 + A1:2024. Low-voltage electrical installations — Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment — Wiring systems. Geneva: IEC, 2024.

23. IEC 61000-4-30:2015 + AMD1:2021 CSV (Ed. 3.2). Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-30: Testing and measurement techniques — Power quality measurement methods. Geneva: IEC, 2021.
24. IEC 61800-9-2:2017. Adjustable speed electrical power drive systems — Ecodesign — Energy efficiency indicators for power drive systems and motor starters. Geneva: IEC, 2017.
25. IEC 62056-6-2:2017. Electricity metering data exchange — The DLMS/COSEM suite — Part 6-2: COSEM interface classes. Geneva: IEC, 2017.
26. IEC 62056-8-12:2023. Electricity metering data exchange — The DLMS/COSEM suite — Part 8-12: Communication profile for LPWANs. Geneva: IEC, 2023.
27. IEC 62933-2-1:2017. Electrical energy storage (EES) systems — Part 2-1: Unit parameters and testing methods — General specification. Geneva: IEC, 2017.
28. IEEE Std 519-2014. IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems. New York: IEEE, 2014.
29. ISO 50001:2018. Energy management systems — Requirements with guidance for use. Geneva: International Organization for Standardization, 2018.
30. Lashmar N., et al. Activating electricity system demand response: a practical implementation framework. *Energy Systems*. 2023. DOI: 10.1080/14486563.2023.2242317.
31. Nguyen T. T. An effective reactive power compensation method and a control strategy to reduce power loss in distribution networks. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*. 2021. Vol. 129. Art. 106835. DOI: 10.1016/j.ijepes.2021.106835.
32. Ranaboldo M., et al. A comprehensive overview of industrial demand response. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2024. Vol. 183. Art. 113527. DOI: 10.1016/j.rser.2023.113527.
33. Roosa S. A., Doty S., Turner W. C. *Energy Management Handbook*. 9th ed. Gistrup: River Publishers, 2020. 900 p.
34. Siddiquee S. M. S. Progress in Demand Response and its industrial applications. *Frontiers in Energy Research*. 2021. Vol. 9. Art. 673176. DOI: 10.3389/fenrg.2021.673176.