

**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

«22» 2025 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з науково-педагогічної роботи

Віктор ОСТРОВЕРХОВ

«22» 2025 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор навчально-наукового інституту новітніх освітніх технологій

Святослав ПИТЕЛЬ

«22» 2025 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА

з дисципліни **«Метрологія та електричні вимірювання»**
ступінь вищої освіти – **бакалавр**
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.)	Лабор. заняття (год.)	ІРС, год.	Тренінг (год.)	Самост. робота студ., (год.)	Разом, (год.)	Екзамен, (сем.)
Денна	II	3	32	14	14	4	8	78	150	3
Заочна	II	3	8	4	4	-	-	134	150	4

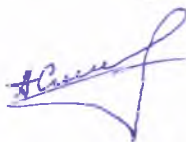
**Тернопіль – ЗУНУ
2025**

Робоча програма складена на основі освітньо-професійної програми підготовки бакалавра галузі знань 14 «Електрична інженерія» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», затвердженої Вченою радою ЗУНУ, протокол № 11 від 26 червня 2024 р., зі змінами відповідно до рішення Вченої ради ЗУНУ, протокол № 8 від 26 червня 2025 р.

Робочу програму розробив доцент кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем, д.т.н., професор, Орест КОЧАН

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем, протокол № 1 від 26 серпня 2025 р.

Завідувач кафедри,
к.т.н., доцент



Андрій СЕГІН

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



Петро КЛЕНДІЙ

СТРУКТУРА РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«Метрологія та електричні вимірювання»
ОПИС ДИСЦИПЛІНИ

Дисципліна – «Метрологія та електричні вимірювання»	Галузь знань, спеціальність, ступінь вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів ECTS: – 5	Галузь знань 14 «Електрична інженерія»	Статус дисципліни – нормативна Мова навчання – українська
Кількість залікових модулів <i>Денна форма навчання – 5</i>	Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»	Рік підготовки – 2 <i>Денна – 2 Заочна – 2 Семестр: Денна – 3 Заочна – 3</i>
Кількість змістових модулів – 3	Ступінь вищої освіти – бакалавр	Лекції: <i>Денна – 32 год. Заочна – 8 год.</i> Практичні заняття: <i>Денна – 14 год. Заочна – 4 год.</i> Лабораторні заняття: <i>Денна – 14 год. Заочна – 4 год.</i>
Загальна кількість годин – 150	Освітньо-професійна програма: «Енергетичний аудит».	Індивідуальна робота – 4 Тренінг – 8 Самостійна робота: <i>Денна – 78 Заочна – 134</i>
Тижневих годин <i>денна форма – 10 з них аудиторних – 4</i>		Вид підсумкового контролю – екзамен

МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ
«Метрологія та електричні вимірювання»
Мета дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни «Метрологія та електричні вимірювання» є формування професійних знань і навиків необхідних для кваліфікованого метрологічного обслуговування і виконання вимірювання електричних, неелектричних і магнітних величин, що сприятиме формуванню висококваліфікованих фахівців у галузі «Електрична інженерія».

Завдання вивчення дисципліни

Завдання – вивчення і засвоєння основ метрології; техніки, принципів, методів та засобів вимірювань, знання теорії та конструкції вимірювальних електромеханічних, електронних, реєструючих приладів та допоміжних вимірювальних перетворювачів, вміння вимірювати електричні, неелектричні і

магнітні величини, здійснювати метрологічний нагляд і державну повірку приладів.

Результати навчання

У результаті вивчення дисципліни «Метрологія та електричні вимірювання» здобувач вищої освіти повинен:

-знати теоретичні основи метрології та електричних вимірювань, принципи роботи пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики, мати навички здійснення відповідних вимірювань і використання зазначених пристроїв для вирішення професійних завдань;

-вміти застосовувати основи теорії електромагнітного поля, методи розрахунку електричних кіл та використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності, застосовувати прикладне програмне забезпечення, мікроконтролери та мікропроцесорну техніку для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

Перелік компетентностей, формування котрих забезпечує вивчення дисципліни.

K02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

K14. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами метрології, електричних вимірювань, роботою пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики.

K20. Усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

Передумови для вивчення дисципліни

Вивчення дисципліни «Метрологія та електричні вимірювання» доцільне після оволодіння студентами знаннями з таких дисциплін як «Фізика», «Основи термодинаміки та теплотехніки», «Теоретичні основи електротехніки» та набуття ними відповідних фахових компетенцій.

Програмні результати навчання

ПР02. Знати і розуміти теоретичні основи метрології та електричних вимірювань, принципи роботи пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики, мати навички здійснення відповідних вимірювань і використання зазначених пристроїв для вирішення професійних завдань.

ПР18. Вміти самостійно вчитися, опановувати нові знання і вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням, вимірювальною технікою та прикладним програмним забезпеченням.

ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ

«Метрологія та електричні вимірювання»

Змістовий модуль 1. Основи метрології

Тема 1. Основні поняття і терміни метрології

Визначення науки метрології. Засоби вимірювання. Електровимірювальні прилади, вимірювальні перетворювачі, електровимірювальна установка. Вимірювальні інформаційні системи. Види вимірювань: прямі і непрямі. Методи вимірювань: безпосередньої оцінки, порівняння, нульовий, диференціальний, заміщення.

Тема 2. Класифікація похибок і класи точності засобів вимірювання

Класифікація засобів вимірювання. Державна система приладів (ДСПУ). Класифікація погрешностей вимірювання. Класифікація погрешностей засобів вимірювань: по способу вираження, по характеру проявлення, по залежності від значення вимірювальної величини, по причинам і умовам виникнення. Класи точності засобів вимірювання. Оцінка погрешностей вимірювання по заданим метрологічним характеристикам засобів вимірювання. Загальні положення обробки і представлення результатів вимірювання.

Тема 3. Міри основних електричних величин

Загальні відомості. Класифікація мір. Передача одиниць фізичних величин робочим мірам і вимірювальним приладам. Основні положення метрологічного забезпечення народного господарства України. Державна система забезпечення єдності вимірювання (ДСВ). Одиниці фізичних величин згідно Держстандарту. Державна перевірка, ревізія, експертиза засобів вимірювання.

Змістовий модуль 2. Засоби вимірювання електричних величин

Тема 4. Електромеханічні вимірювальні прилади

Узагальнена структурна схема, загальні вузли і елементи аналогових електромеханічних приладів, загальні технічні вимоги до приладів.

Принцип дії, устрій і сфера застосування приладів магнітоелектричної, електромагнітної, електростатичної, електродинамічної, феродинамічної, теплової та індукційної системи. Випрямляючі прилади.

Тема 5. Електронні вимірювальні прилади

Загальні відомості. Класифікація електронних вимірювальних приладів. Поняття про вимірювальні генератори. Принцип дії, устрій, характеристика і сфера застосування електронних вольтметрів, осцилографів, омметрів.

Тема 6. Цифрові вимірювальні прилади

Основні визначення. Загальні властивості цифрових вимірювальних

приладів. Основні операції над вимірювальними сигналами. Структурні схеми характеристики, сфера застосування цифрових вольтметрів, частотомірів, мультиметрів комбінованих приладів. Цифрові прилади з мікропроцесорним керуванням.

Змістовий модуль 3. Вимірювання електричних і магнітних величин

Тема 7. Вимірювання струмів і напруг. Методи вимірювання постійних струмів і напруг

Методи вимірювання змінних струмів і напруг промислової частоти. Особливості вимірювання струмів і напруг підвищеної і високої частоти. Електромагнітні перешкоди вимірювальному колу і методи боротьби з ними.

Тема 8. Вимірювання параметрів електричних кіл

Загальні відомості. Особливості вимірювання малих, середніх і великих опорів постійному струму. Вимірювання опорів омметрами, мегаметрами, методом амперметра - вольтметра, одинарним і двійним мостом. Вимірювання параметрів котушок індуктивності і конденсаторів мостом змінного струму. Вимірювання магнітних величин.

Тема 9. Вимірювання потужності і енергії

Загальні відомості. Вимірювання потужності в колах постійного струму. Методи вимірювання активної потужності в однофазних і трифазному колі. Триелементний ватметр. Ватметр реактивної потужності. Методи вимірювання реактивної потужності в однофазних і трифазних колах. Улаштування і принцип роботи лічильників електричної енергії індукційної системи. Похибки вимірювання схеми вмикання лічильників в коло змінного струму. Вимірювання активної енергії в трифазному колі. Двоелементний і триелементний лічильники. Вимірювання реактивної енергії в трифазному колі.

Тема 10. Загальні відомості і характеристики первинних вимірювальних перетворювачів

Переваги електричних методів вимірювання неелектричних величин. Класифікація, структурні схеми і характеристики первинних вимірювальних неелектричних величин в електричну. Електромеханічні теплові перетворювачі. Принцип дії і сфера застосування резистивних, електромагнітних і електричних перетворювачів неелектричних величин в електричні величини. Принцип дії, конструкції і сфера застосування термоелектричних перетворювачів і електричних термометрів опору. Особливості конструкції вторинних приладів.

Тема 11. Вимірювально-інформаційні системи

Загальні поняття. Державна система приладів і агрегатні комплекси. Основні структури систем і вимірювально-обчислювальних комплексів. Основні напрями автоматизації засобів вимірювання на основі сучасної мікроелектронної елементної бази мікропроцесорів і мікроЕОМ.

СТРУКТУРА ЗАЛІКОВОГО КРЕДИТУ ДИСЦИПЛІНИ
«Метрологія та електричні вимірювання»
(денна форма навчання)

Тема	Кількість, годин, в т.ч.						
	Лекції	Практичні	Лабораторні	Індивідуальна робота студентів	Тренінг	Самостійна робота	Контрольні заходи
Змістовий модуль 1. Основи метрології							
Тема 1. Основні поняття і терміни метрології.	2	-	-	1	2	6	Поточне оцінювання
Тема 2. Класифікація похибок і класи точності засобів вимірювання	2	2	-			6	Поточне оцінювання
Тема 3. Міри основних електричних величин	2	-	-			8	Поточне оцінювання
Змістовий модуль 2. Засоби вимірювання електричних величин							
Тема 4. Електромеханічні вимірювальні прилади	4	4	4	1	2	6	Поточне оцінювання
Тема 5. Електронні вимірювальні прилади	4		2			6	Поточне оцінювання
Тема 6. Цифрові вимірювальні прилади	2	2	2			6	Поточне оцінювання
Змістовий модуль 3. Вимірювання електричних і магнітних величин							
Тема 7. Вимірювання струмів і напруг. Методи вимірювання постійних струмів і напруг.	4	2	2	2	4	8	Поточне оцінювання
Тема 8. Вимірювання параметрів електричних кіл	4	2	2			8	Поточне оцінювання
Тема 9. Вимірювання потужності і енергії	4	-	2			8	Поточне оцінювання
Тема 10. Загальні відомості і характеристики первинних вимірювальних перетворювачів	2	2	-			8	Поточне оцінювання
Тема 11. Вимірювально-інформаційні системи	2	-	-			8	Поточне оцінювання
Разом	32	14	14	4	8	78	екзамен

**Структура залікового кредиту дисципліни
«Метрологія та електричні вимірювання»
(заочна форма навчання)**

Тема	Кількість, годин, в т.ч.				
	Лекції	Практичні	Лабораторні	Самостійна робота	Контрольні заходи
Тема 1. Основні поняття і терміни метрології. Класифікація похибок	1	1	-	10	тестування
Тема 2. Класифікація похибок і класи точності засобів вимірювання			-	12	тестування
Тема 3. Міри основних електричних величин	1		-	12	тестування
Тема 4. Електромеханічні вимірювальні прилади			2	12	тестування
Тема 5. Електронні вимірювальні прилади	1	1	1	12	тестування
Тема 6. Цифрові вимірювальні прилади			-	12	тестування
Тема 7. Вимірювання струмів і напруг	1	1	1	14	тестування
Тема 8. Вимірювання параметрів електричних кіл	1		-	12	тестування
Тема 9. Вимірювання потужності і енергії	1	1	-	12	тестування
Тема 10. Загальні відомості і характеристики первинних вимірювальних перетворювачів	1		-	12	тестування
Тема 11. Вимірювально-інформаційні системи	1		-	14	тестування
Разом	8	4	4	134	

ТЕМАТИКА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ
Змістовий модуль 1. Основи метрології
Практичне заняття 1

Тема 1. Вивчення принципів маркування вимірювальних приладів та умовних графічних позначень на шкалах.

Мета роботи: Ознайомлення з принципами маркування електровимірювальних приладів та умовними графічними позначеннями, що наносяться на шкали приладів, а також набуття практичних навичок при описі призначення та метрологічних характеристик приладів.

Питання для обговорення:

1. Що таке засоби вимірювальної техніки?
2. Що таке метрологічні та неметрологічні характеристики ЗВТ?

3. Яке призначення умовних графічних позначень на шкалах електровимірювальних приладів?
5. Наведіть умовні позначення класів точності ЗВ та поясніть їх зміст.
6. Які існують принципи маркування електровимірювальних приладів?
7. Для заданого приладу наведіть графічні умовні позначення, які необхідно нанести на його шкалу: вольтметр; тип Э8032-М1; границя вимірювання 500 В; клас точності 1,5; для кіл однофазного змінного струму; система приладу – електромагнітна; спосіб установки шкали – вертикальна; вимірювальне коло ізольоване від корпусу і випробуване під напругою 2,0 кВ; нормальна частота струму 50 Гц; умови експлуатації приладу – робота в сухих приміщеннях, що обігріваються.

Практичне заняття 2

Тема: Вивчення метрологічних характеристик електровимірювальних приладів

Мета: набуття практичних навичок при визначенні та описі метрологічних характеристик електровимірювальних приладів.

Питання для обговорення:

1. Що таке засоби вимірювальної техніки?
2. Що таке метрологічні та неметрологічні характеристики ЗВТ?
3. Охарактеризуйте такі поняття, як «шкала приладу», «діапазон показань та діапазон вимірювань», «показ вимірювального приладу», «ціна поділки» та «стала приладу».
4. Як аналітично пов'язані між собою показ, стала приладу та ціна поділки?
5. Що таке чутливість ЗВТ та його поріг чутливості?

Практичне заняття 3

Тема: Розрахунок похибок вимірювань

Мета: набуття практичних навичок при аналітичних розрахунках величин похибок вимірювань та електровимірювальних приладів.

Питання для обговорення:

1. Що таке точність вимірювання?
2. Що таке похибка вимірювання?
3. Що таке абсолютна та відносна похибки вимірювань?
4. Назвіть основні причини виникнення похибок вимірювання?
5. Як класифікують похибки засобів вимірювань?
6. Розкрийте поняття «абсолютна похибка засобу вимірювань», «відносна похибка», «приведена (зведена) похибка засобу вимірювань» та «клас точності».
7. Що таке нормування похибок ЗВТ?
8. Мілівольтметр має рівномірну шкалу з нульової відмітки в її середній зоні та розподілену на 50 поділок. Нижня межа вимірювання мілівольтметра $U_H = -150$ мВ, а верхня межа $U_B = +150$ мВ. Навести графічне зображення шкали та

визначити ціну поділки. Знайти абсолютну і приведену похибки градування шкали мілівольтметра. Визначити величину чутливості приладу.

9. Під час перевірки електромагнітного вольтметра з верхньою границею вимірювання 300 В на кожній позначці шкали з цифрами: 50; 100; 150; 200; 250; 300 В експериментатором були отримані відповідні покази цифрового вольтметра: 43; 95; 154; 198; 251; 299,5 В. До якого класу точності належить електромагнітний вольтметр, якщо під нормування підпадає абсолютна похибка? Побудувати графічну залежність абсолютної похибки для всіх позначок шкали з цифрами вольтметра.

10. Ватметр з верхньою границею вимірювання за напругою 150 В та з верхньою границею вимірювання за струмом 5 А і максимальним відліком шкали 150 має граничне значення абсолютної похибки $\pm 2,5 \text{ Вт}$. Визначити клас точності приладу та значення відносної похибки, якщо при вимірюванні активної потужності отримано показ 500 Вт.

Змістовий модуль 2. Засоби вимірювання електричних величин

Практичне заняття 4

Тема: Вивчення способів розширення границь вимірювання електровимірювальних приладів

Мета: набуття практичних навичок при використанні вимірювальних перетворювачів: шунтів, додаткових резисторів, вимірювальних трансформаторів струму та напруги, для розширення границь вимірювання електровимірювальних приладів.

Питання для обговорення:

1. Чому шунт, додатковий резистор, вимірювальні трансформатори струму та напруги є масштабними вимірювальними перетворювачами?
2. Опишіть конструкцію вимірювальних трансформаторів.
3. В яких умовах працюють вимірювальні трансформатори та чому?
4. За якими аналітичними виразами визначаються опори шунта та додаткового резистора?
5. Що таке номінальний коефіцієнт трансформації трансформатора струму? Як аналітично він визначається?
6. Як включається вимірювальний трансформатор струму з вимірювальним приладом до кола змінного струму?
7. Що таке номінальний коефіцієнт трансформації трансформатора напруги? Як аналітично він визначається?
8. Як включається вимірювальний трансформатор напруги з вимірювальним приладом до кола змінного струму?
9. Експериментатору необхідно обрати вимірювальні трансформатори струму та напруги, якщо відомо, що напруга живлення однофазного кола змінного струму дорівнює 450 В, а струм електричного навантаження дорівнює 6 А.

Практичне заняття 5

Тема: Цифрові вимірювальні прилади

Мета: набуття практичних навичок при визначенні та описі

метрологічних характеристик цифрових вимірювальних приладів.

Питання для обговорення:

1. Поясніть призначення ЦВП та на які види вони поділяються.
2. Які основні елементи є складовими в конструкції ЦВП?
3. Що таке аналого-цифровий перетворювач, цифро-аналоговий перетворювач, вимірювальний канал та цифрова вимірювальна система?
4. Які характеристики є метрологічними характеристиками цифрових приладів?
5. Назвіть основні елементи функціональної схеми цифрового мікропроцесорного приладу.
6. Визначити відносну та абсолютну похибки показу $R = 8$ кОм цифрового омметра, клас точності якого 0,1/0,04, а границя вимірювання опору дорівнює 10 кОм.

Практичне заняття 6

Тема: Дослідження методів вимірювання електричних величин

Мета: набуття практичних навичок при вимірюванні електричних величин.

Питання для обговорення:

1. Які вимірювальні перетворювачі є масштабними?
2. Яке призначення шунта, додаткового резистора, вимірювальних трансформаторів струму та напруги?
3. Наведіть схему включення амперметра через шунт та через вимірювальний трансформатор струму до електричних кіл.
4. Наведіть схему включення вольтметра через додатковий резистор та через вимірювальний трансформатор напруги до електричних кіл.
5. Експериментатору необхідно обрати вимірювальні трансформатори струму та напруги, якщо відомо, що напруга живлення однофазного кола змінного струму дорівнює 450 В, а струм електричного навантаження дорівнює 6 А. Представити схему вимірювання.
6. Які Вам відомі методи та засоби вимірювань активної потужності у однофазному колі змінного струму?
7. Які схеми застосовуються для вимірювання активної потужності у однофазному колі змінного струму. Відповідь обґрунтуйте.
8. Як аналітично визначається активна потужність за показаннями ватметра, який включений до однофазного кола змінного струму через вимірювальні трансформатори струму та напруги?
9. Які існують опосередковані методи вимірювання активної потужності у колах постійного та змінного струму?
10. Як аналітично визначаються активна та реактивна потужність трифазного трипровідного кола при симетричному характері навантаження за методом одного ватметра?
11. Поясніть принцип включення ватметра для вимірювання реактивної потужності.

Змістовий модуль 3. Вимірювання електричних і магнітних величин

Практичне заняття 7

Тема: Дослідження методів вимірювання магнітних величин

Мета: набуття практичних навичок при вимірюванні магнітних величин електричними методами.

Питання для обговорення:

1. Складіть класифікацію методів та засобів для вимірювання магнітних величин.
2. Поясніть принцип індукційного перетворювача магнітного потоку на прикладі вимірювальної котушки.
3. Поясніть принцип дії диференціального ферозонда.
4. Поясніть принцип феромодуляційного тесла метра.
5. Поясніть принцип дії ЯРМ-тесламера за методом вільної ядерної прецесії.
6. Поясніть суть індукційно-імпульсного методу визначення магнітних петель гістерезису.
7. Поясніть суть методу ватметра для вимірювання питомих магнітних втрат.
8. Які існують методи для вимірювання магнітного потоку в постійних та в змінних магнітних полях?
9. Поясніть принцип дії гальваноманіторекомбінаційних перетворювачів.
10. Опишіть принцип дії гальваноманітних перетворювачів та маніторезистивних перетворювачів.

ТЕМАТИКА ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

Лабораторне заняття 1

Тема 1. Повірка приладів магнітоелектричної і електромагнітної систем

Мета: Виконати повірку амперметра магнітоелектричної та вольтметра електромагнітної систем. Визначити похибки приладів та встановити їх клас точності.

Питання для обговорення:

1. Яка будова і принцип дії магнітоелектричного вимірювального приладу?
2. Яка будова та принцип дії електромагнітного вимірювального приладу?
3. В чому полягає повірка приладу? Які вимоги ставляться до повірки приладів?
4. Як визначають абсолютну, відносну та зведену похибки?
5. Як визначають поправку, варіації показів і клас точності приладу?
6. Які класи точності встановлені державним стандартом для приладів електромеханічної системи?
7. Як повіряється прилад непрямим методом?
8. Яка відмінність в схемах при повірці приладів магнітоелектричної та електромагнітної систем?
9. Які електричні величини і їх значення вимірюються приладами магнітоелектричної та електромагнітної систем?

Лабораторне заняття 2

Тема 2. Вимірювання активної потужності і коефіцієнта потужності в однофазному колі змінного струму

Мета: вивчити будову, принцип дії і правила вмикання в коло однофазних ватметра і фазометра, вивчити методи вимірювання активної потужності і коефіцієнта потужності в однофазному змінному колі, а також відносну похибку результатів прямих і непрямих вимірювань.

Питання для обговорення:

1. Поясніть будову і принцип дії механізмів електродинамічної системи. Наведіть формулу обертаючого моменту, назвіть переваги і недоліки електродинамічних приладів.
2. Доведіть, що ватметр вимірює активну потужність.
3. Як впливає характер навантаження на покази фазометра?
4. Приведіть, схему ввімкнення в однофазне коло ватметра і фазометра.
5. Як можна розширити межі вимірювань фазометра і ватметра?
6. Як визначити генераторні затискачі ватметра і фазометра?
7. Приведіть схему для непрямого вимірювання коефіцієнта потужності.
8. Як оцінюють точність результатів прямих і непрямих вимірювань коефіцієнта потужності?
9. Чим пояснюється рівниця між величинами коефіцієнтів потужності. виміряних фазометром, та обчислених за показами ватметра, вольтметра та амперметра.?

Лабораторне заняття 3

Тема 3. Вимірювання опорів електричного кола непрямыми методами

Мета: вивчити методи вимірювання опору електричного кола непрямыми методами. Ознайомитись з різноманітними схемами вимірювання опорів.

Питання для обговорення:

1. Як вмикають амперметр вольтметр у схемі для вимірювання опорів при $R_X \gg r_A$?
2. Як вмикають прилади при вимірюванні опору методом амперметра - вольтметра при $R_X \ll r_A$?
3. Як визначається відносна похибка вимірювання опору при $R_X \gg r_A$?
4. Як визначається відносна похибка вимірювання опору при $R_X \ll r_A$?
5. Як виміряти опір за допомогою одного вольтметра? В яких випадках застосовують цей спосіб?
6. Як виміряти опір за допомогою одного амперметра? В яких випадках застосовують цей спосіб ?
7. Які причини виникнення похибок при вимірюванні опорів непрямыми методами ?
8. Які переваги і недоліки в порівнянні а прямими метода мають непрямі методи вимірювання опорів?
9. Як виміряти опір за допомогою одного амперметра ?

Лабораторне заняття 4

Тема 4. Вимірювання індуктивностей і ємностей непрямыми методами

Мета: навчитись вимірювати індуктивність котушок, використовуючи ватметр, вольтметр і амперметр.

Питання для обговорення:

1. Які прилади необхідні для вимірювання індуктивності непрямым методом?
2. Як визначають величину індуктивності котушки?
3. Від чого залежить точність вимірювання індуктивності непрямым методом?
4. Від чого залежить похибка вимірювання непрямым методом?
5. Чи залежить результат вимірювання індуктивності і ємності непрямым методом від підведеної напруги, частоти, різноманітного положення приладів у схемі?
6. Коли доцільно використовувати непрямий метод вимірювання індуктивності і ємності? Які переваги і недоліки непрямого методу порівняно з прямим методом?

Лабораторне заняття 5

Тема 5. Перевірка вимірювальних трансформаторів струму та вимірювальних кліщів

Мета: вивчити будову та принцип дії вимірювальних трансформаторів струму. Ознайомитись з вимірюванням великих змінних струмів за допомогою лабораторних трансформаторів струму та вимірювальних кліщів, а також з правилами перевірки технічних трансформаторів струму і вимірювальних кліщів.

Питання для обговорення:

1. Для чого застосовують вимірювальні трансформатори струму?
2. Які правила ввімкнення вимірювальних трансформаторів струму у вимірювальне коло і як визначають правильність маркування його затискачів?
3. Які характерні особливості режиму роботи вимірювального трансформатора струму відрізняють його від інших трансформаторів?
4. Які особливості вимірювання великих змінних струмів за допомогою лабораторних трансформаторів струму?
- Б. У яких випадках застосовують роз'ємні вимірювальні трансформатори (вимірювальні кліщі)?
6. Чому при використанні трансформаторів струму вторинна обмотка заводи повинна бути ввімкнена в струмову обмотку вимірювального приладу або замкнена накоротко?
7. Скільки і які вимірювальні прилади можна ввімкнути у вторинну обмотку трансформатора струму?
8. Яких класів точності випускаються вимірювальні кліщі?
9. Як за допомогою лабораторного трансформатора струму УТТ-5 виміряти струм 125А ?
10. Які номінальні значення вторинного струму трансформаторів струму стандартизовані ?
11. Як визначається клас точності трансформатора струму, вимірювальних кліщів ?

Лабораторне заняття 6

Тема 6. Вимірювання параметрів електричної трифазної мережі за допомогою вимірювальних комплектів

Мета: вивчити будову і принцип дії вимірювальних комплектів К-50 і К505. Ознайомитись з правилами їх ввімкнення і вимірювання параметрів трифазної мережі.

Питання для обговорення:

1. Яке призначення вимірювальних трансформаторів?
2. Які похибки притаманні вимірювальним трансформаторам?
3. В яких випадках ватметри і лічильники вмикаються через вимірювальні трансформатори?
4. В якому режимі працюють вимірювальні трансформатори струму та напруги?
5. Що таке номінальний і дійсний коефіцієнти трансформації вимірювальних трансформаторів?
6. По якій похибці визначається клас точності лічильників?
7. На що необхідно помножити покази лічильника при ввімкненні його з вимірювальними трансформаторами?
8. Який стандартний номінальний вторинний струм ТС?

САМОСТІЙНА РОБОТА СТУДЕНТІВ З ДИСЦИПЛІНИ

«Метрологія та електричні вимірювання»

Для якісного засвоєння курсу «Метрологія та електричні вимірювання» студентам необхідно самостійно опрацювати значний обсяг теоретичного та практичного матеріалу. Аудиторні заняття не дозволяють охопити всі аспекти, тому самостійна робота є важливою складовою навчального процесу.

Метою самостійної роботи є формування вмінь:

- працювати з навчальною та нормативною літературою в галузі вимірювальної техніки;
- аналізувати методи та засоби вимірювання електричних величин;
- оцінювати точність і похибки вимірювань;
- застосовувати знання на практиці, зокрема в контексті метрологічного забезпечення електричних вимірювань.

Самостійна робота передбачає:

- опрацювання лекційного матеріалу за темами курсу;
- вивчення відповідних розділів підручників, стандартів та методичних рекомендацій;
- виконання розрахункових завдань і аналіз вимірювальних ситуацій;
- підготовку індивідуального завдання або проєкту.

Форма контролю – індивідуальний проєкт, що включає розв'язання прикладних задач із вимірювання електричних параметрів на прикладі реального або модельного об'єкта (наприклад, електрична мережа, лабораторна установка тощо). Проєкт має містити:

- обґрунтування вибору засобів вимірювання;
- виконані розрахунки похибок;

– висновки та рекомендації щодо підвищення точності вимірювань;
– оформлення результатів у письмовій формі та презентації (до 15–20 слайдів).

Основні вимоги до виконання:

Проект подається у визначені терміни.

Завдання виконуються послідовно, з поясненнями та розрахунками.

Всі відповіді мають бути аргументовані, з наведенням формул і прикладів.

До кожного завдання додаються висновки.

Недопустиме списування – роботи без авторського підходу не зараховуються.

Робота має бути акуратно оформлена: аркуші формату А4, нумерація сторінок, поля для рецензента, список літератури.

Презентація має відображати ключові аспекти проекту та бути придатною для публічного захисту.

Оцінювання здійснюється за 100-бальною шкалою з урахуванням повноти та правильності виконання всіх завдань проекту.

Тематика проєктів:

1. Аналіз похибок у вимірюванні напруги та струму побутової електромережі.
2. Метрологічне забезпечення вимірювань активної та реактивної потужності в однофазній мережі.
3. Аналіз точності вимірювального кола з трансформаторами струму та напруги.
4. Побудова калібрувальної характеристики аналогового вольтметра.
5. Оцінка точності вимірювання опору провідника за допомогою мостової схеми.
6. Визначення метрологічних характеристик цифрового осцилографа.
7. Порівняльний аналіз точності цифрових та аналогових приладів для вимірювання струму.
8. Вимірювання електроенергії в побутових умовах: точність та похибки лічильників.
9. Проєкт вимірювальної схеми для контролю параметрів електродвигуна (струм, напруга, частота).
10. Метрологічний аналіз вимірювань температури в електротехнічному обладнанні.

ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОВЕДЕННЯ ТРЕНІНГУ З ДИСЦИПЛІНИ

«Метрологія та електричні вимірювання»

Тематика: Робота з метрології та електричних вимірювань

Практичне засвоєння знань із дисципліни «Метрологія та електричні вимірювання» потребує не лише теоретичної підготовки, але й активного опрацювання прикладних завдань, наближених до реальних умов. Для цього проводиться тренінг, який дозволяє студентам відпрацювати ключові навички з

використанням вимірювальних приладів, аналізу результатів та оцінки точності вимірювань.

Мета тренінгу – сформувати практичні вміння:

- використовувати сучасні прилади для вимірювання електричних величин (струму, напруги, опору, потужності тощо);
- оцінювати метрологічні характеристики засобів вимірювань;
- виконувати аналіз точності, обчислення похибок та оформлення результатів вимірювань;
- читати й будувати схеми вимірювальних кіл.

Тренінг передбачає такі види роботи:

- виконання лабораторно-практичних завдань у навчальних аудиторіях або електротехнічних лабораторіях;
- роботу з приладами (мультиметри, осцилографи, ватметри, амперметри, трансформатори струму/напруги тощо);
- моделювання вимірювальних схем у програмному забезпеченні (Multisim);
- обробку та аналіз результатів вимірювань, включаючи розрахунок абсолютної та відносної похибки;
- захист результатів у вигляді звіту та презентації.

Основні вимоги до виконання завдань тренінгу:

1. Дотримання правил техніки безпеки при роботі з електричним обладнанням.
2. Самостійне виконання вимірювань та розрахунків.
3. Запис результатів у встановленому форматі.
4. Обов'язкова наявність розрахунків похибок.
5. Наявність обґрунтованих висновків щодо точності вимірювання, адекватності приладів, можливих джерел похибок.
6. Своєчасна здача звіту або публічний захист результатів роботи.

Приклади проєктів:

1. Вимірювання змінної напруги цифровим і аналоговим вольтметром: порівняння результатів.
2. Визначення потужності однофазного навантаження за допомогою ватметра.
3. Побудова векторної діаграми струму та напруги з урахуванням фазового зсуву (на основі осцилограм).
4. Визначення внутрішнього опору джерела живлення методом амперметра-вольтметра.
5. Дослідження похибки трансформатора струму при різних навантаженнях.
6. Моделювання мостової схеми для вимірювання малих опорів і аналіз її чутливості.
7. Вимірювання коефіцієнта потужності та його вплив на точність обліку енергії.

ЗАСОБИ ОЦІНЮВАННЯ ТА МЕТОДИ ДЕМОНСТРУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

У процесі вивчення дисципліни «Метрологія та електричні вимірювання» використовуються наступні засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання:

- поточне оцінювання (опитування, тестування, виконання лабораторних завдань, доповіді, реферати);
- проміжне модульне оцінювання;
- презентації результатів виконаних досліджень;
- оцінювання результатів виконання самостійної роботи студентів;
- оцінювання результативності наукових досліджень;
- інші види індивідуальних і групових завдань;
- екзамен

ПОЛІТИКА ОЦІНЮВАННЯ

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

Політика щодо академічної доброчесності: Списування або обмін у будь якій формі інформацією з іншими студентами а також використання друкованих і електронних джерел інформації (за виключенням дозволених допоміжних матеріалів) під час контрольних заходів та екзаменів заборонене.

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

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.

КРИТЕРІЇ, ФОРМИ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ

Підсумковий бал (за 100-бальною шкалою) з дисципліни «Метрологія та електричні вимірювання» визначається як середньозважена величина, залежно від питомої ваги кожної складової залікового кредиту:

Структура залікового кредиту для студентів

Модуль 1	Модуль 2	Модуль 3	Модуль 4	Модуль 5
----------	----------	----------	----------	----------

10%	10%	10%	10%	5%	15%	40%
Поточне оцінювання	Модульний контроль	Поточне оцінювання	Модульний контроль	Тренінг	Самостійна робота	Екзамен
Середній бал за результатами поточного оцінювання за темами 1-6	Письмова робота за темами 1-6 (тестові завдання, задачі)	Середній бал за результатами поточного оцінювання за темами 7-11	Письмова робота за темами 7-11 (тестові завдання, задачі)	Оцінка за виконані завдання	Оцінка за виконані завдання	Підсумкове оцінювання: 10 тестів по 3 бали; теоретичні питання 30 балів; 2 задачі по 20 балів

Поточне опитування

Поточне опитування під час занять є важливим інструментом для оцінки рівня засвоєння студентами навчального матеріалу в межах кожного модуля курсу. Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою, де кожна оцінка відображає ступінь володіння матеріалом, глибину розуміння, здатність аргументувати та аналізувати теоретичні питання:

90–100 балів – відмінні знання, глибоке розуміння, логічне і чітке викладення, самостійні висновки.

75–89 балів – хороші знання, незначні неточності, відповіді в основному правильні.

65–74 бали – задовільне володіння матеріалом, поверхнєве пояснення, помітні недоліки.

60–64 бали – часткові знання, неповні відповіді, відсутність аргументації.

1–59 балів – незадовільний рівень, відсутність розуміння базових понять.

Підсумкова оцінка за модуль – середнє арифметичне усіх поточних опитувань модуля.

Тренінг

Оцінюється якість виконання практичних завдань, робота з приладами, розрахунки, логіка рішень, креативність.

90–100 балів – точне, обґрунтоване виконання завдань, глибоке розуміння матеріалу, самостійність.

75–89 балів – в основному правильне виконання, незначні помилки, часткова креативність.

65–74 бали – виконання на базовому рівні, обмежене обґрунтування, помилки у розрахунках.

60–64 бали – фрагментарні знання, серйозні недоліки, слабкий рівень практичних навичок.

1–59 балів – незадовільне виконання, значні помилки, низька активність, відсутність результатів.

Самостійна робота

Оцінюється повнота виконання, глибина опрацювання теми, аргументація, оформлення.

90–100 балів – повна відповідність вимогам, глибоке дослідження,

самостійність і творчий підхід.

75–89 балів – якісне виконання, незначні недоліки, частковий аналіз додаткових джерел.

60–74 бали – поверхневе опрацювання теми, недоліки у структурі, слабка аргументація.

1–59 балів – формальне або неповне виконання, відсутність аналізу, грубі помилки.

Екзамен

Структура:

Тести (10 × 3 бали) – 30 балів

2 задачі (по 20 балів) – 40 балів

3 теоретичні питання (по 10 балів) – 30 балів

Критерії:

Тести – 3 бали за правильну відповідь,

0 – за неправильну.

Задачі:

15-20 балів – правильне, обґрунтоване рішення з поясненням;

5-14 балів – частково правильне, з помилками або неповне;

1-4 бали – значні помилки, неправильна логіка або відсутність пояснень.

Теорія:

5-10 балів – повне, логічне, аргументоване пояснення;

1-4 бали – поверхнева відповідь, помилки, нечітке формулювання.

Шкала оцінювання:

За шкалою ЗУНУ	За національною шкалою	За шкалою ECTS
90–100	Відмінно	A (відмінно)
85-89	Добре	B (дуже добре)
75–84		C (добре)
65–74	Задовільно	D (задовільно)
60-64		E (достатньо)
35–59	Незадовільно	FX (незадовільно з можливістю повторного складання)
1–34		F (незадовільно з обов'язковим повторним курсом)

ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ЯКИХ ПЕРЕДБАЧАЄ ДИСЦИПЛІНА

№	Найменування	Номер теми
1.	Мультимедійний проектор	1-11
2.	Екран проєкційний	1-11
	Комп'ютеризована аудиторія, доступ до мережі Інтернет	1-11

3.	Базове програмне забезпечення: ОС Windows 10 – згідно ліцензії Microsoft IT Academy та Microsoft DreamSpark for Students. Стандартне програмне забезпечення базових інформаційних технологій: MS Office (Excel), телекомунікаційне програмне забезпечення (Internet Explorer, Opera, Google Chrome, Firefox, ZOOM, MOODLE, Viber)	1-11
4.	Амперметр, вольтметр, ватметр, осцилограф, омметр, електроінструменти	1-11

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. Величко О.М., Коломієць Л.В., Гордієнко Т.Б. Основи метрології та метрологічна діяльність. Київ: Олді+, 2021. 576 с.
2. ДСТУ 2681-94 Метрологія. Терміни та визначення.
3. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність».
4. Закон України «Про стандартизацію» №2408-ІІІ від 17 травня 2001 р.
5. Малиновський В.Н. Електричні вимірювання. Київ: Енергія, 2020. 392 с.
6. Методи та засоби вимірювань неелектричних величин: Підруч. для студ. / Є.С. Поліщук; Держ. ун-т «Львів. політехніка». Львів, 2018. 359 с.
7. Методичні рекомендації до виконання самостійної роботи студентів з дисципліни “Метрологія та електричні вимірювання” для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузі знань «Електрична інженерія». / Укладачі: О.В. Кочан , О.В. Нестеренко. Тернопіль: Вектор, 2025. 24 с.
8. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт студентів з дисципліни “Метрологія та електричні вимірювання” для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузі знань «Електрична інженерія». / Укладачі: О.В.Кочан, О.В. Нестеренко Тернопіль: Вектор, 2025. 35 с.
9. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт студентів з дисципліни “Метрологія та електричні вимірювання” для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузі знань «Електрична інженерія». / Укладачі: О.В. Кочан, О.В. Нестеренко. Тернопіль: Вектор, 2025. 30 с.
10. Методичні вказівки з вивчення дисципліни “Метрологія та електричні вимірювання” для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузі знань «Електрична інженерія». / Укладачі: О.В. Кочан, О.В. Нестеренко. Тернопіль: Вектор, 2025. 25 с.

РЕКОМЕНДОВАНІ ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

11. Cataldo A., Giaquinto N., De Benedetto E., Masciullo A., Cannazza G., Lorenzo I., Nicolazzo J., Meo M.T., De Monte A., Parisi G., Gaetani F. Basic Theory and Laboratory Experiments in Measurement and Instrumentation: A Practice-Oriented Guide. Springer, 2020. 204 p.
12. Chani Muhammad Tariq Saeed, Asiri Abdullah Mohammed, Khan Sher Bahadar (eds.) Humidity Sensors: Types and Applications. ITexLi, 2023. 113 p.
13. Crowder St., Delker C., Forrest E., Martin M. Introduction to Statistics in Metrology. Springer, 2020. 357 p.
14. Czichos H. Measurement, Testing and Sensor Technology: Fundamentals and Application to Materials and Technical Systems. Springer International Publishing AG, 2018. 214 p.
15. Du S., Xi L. High Definition Metrology Based Surface Quality Control and Applications. Springer, 2019. 338 p.
16. Eichstädt S. (ed.) Dynamic Measuring Systems: Fundamentals and application of time-dependent measurements. De Gruyter Oldenbourg, 2023. 146 p.
17. Fisher W., Cano S.J. (eds.) Person-Centered Outcome Metrology: Principles and Applications for High Stakes Decision Making. Springer, 2023. 402 p.
18. Jiang X., Scott P. Advanced Metrology: Freeform Surfaces. Academic Press, 2020. 383 p.
19. Karmalita Viacheslav. Metrology of Automated Tests: Static and Dynamic Characteristics. De Gruyter, 2020. 115 p.
20. Korotcenkov G. Handbook of Humidity Measurement. Volume 2: Electronic and Electrical Humidity Sensors. CRC Press; Taylor & Francis Group, 2019. 405 p.
21. Krishnan K.M. Principles of Materials Characterization and Metrology. Oxford: Oxford University Press, 2021. 868 p.
22. Krystek M. Quantities and Units: The International System of Units. De Gruyter Oldenbourg, 2023. 118 p.
23. Kumar K., Zindani D. Engineering Materials Characterization. Berlin: de Gruyter, 2023. 270 p.
24. Langarin Reza. Measurement and Instrumentation: Theory and Application. Elsevier Science, 2020. 736 p.
25. Mari L., Wilson M., Maul A. Measurement Across the Sciences: Developing a Shared Concept System for Measurement. 2nd edition. Springer, 2023. 339 p.
26. Morris A.S., Langari R. Measurement and Instrumentation: Theory and Application. 3rd Edition. Elsevier Inc., 2021. 711 p.
27. Velychko Oleh. Modern Metrology Applied Aspects. ITexLi, 2022. 135 p.
28. Wade Heather A. (ed.) The ASQ Metrology Handbook. 3rd edition. ASQ Quality Press, 2022. 737 p.
29. Zhou Wei, Li Zhiqi, Bai L., Fu X., Qu B., Miao M. The Border Effect in High-Precision Measurement. Springer, 2023. 388 p.