

Міністерство освіти і науки України
Львівський національний університет природокористування
Факультет механіки, енергетики та інформаційних технологій
Кафедра енергетики

“

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Проректор з навчально-
виховної роботи
професор Віталій БОЯРЧУК

_____ 20__ року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ З ОСНОВАМИ
МЕТРОЛОГІЇ**

спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Львів 2024

Робоча програма **Контрольно-вимірювальні прилади з основами метрології** для здобувачів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Розробники: Сергій КОРОБКА к.т.н., доцент

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри енергетики

Протокол від “ ____ ” _____ 202 року № ____

Завідувач кафедри енергетики

_____ (Сергій СИРОТЮК)

Робочу програму схвалено на засіданні методичної комісії факультет механіки, енергетики та інформаційних технологій

Протокол від “ __ ” _____ 202 року № ____

Голова методичної комісії факультету механіки, енергетики та інформаційних технологій _____ (Степан КОВАЛИШИН)

1. Опис навчальної дисципліни

Галузь знань: 14 Електрична інженерія

Спеціальність: 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Характеристика навчальної дисципліни:

Обов'язкова

Кількість кредитів – 4

Загальна кількість годин – 120

Індивідуальне науково-дослідне завдання – _____ - _____

Вид контролю: Іспит

Тижневих аудиторних годин для денної форми навчання – 4

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить (%):

для денної форми навчання – 87,5

для заочної форми навчання – 21,6

2. Програма навчальної дисципліни

Розділ 1. Основи метрології.

Тема 1. Основні поняття метрології.

- 1.1 Фізичні величини і метрологія
- 1.2 Системи фізичних величин та їх одиниць
- 1.3 Метрологічні ознаки фізичних величин
- 1.4 Методи вимірювання

Тема 2. Засоби вимірювань.

- 2.1. Класифікація вимірювальних засобів
- 2.2. Структура вимірювальних засобів
- 2.3. Метрологічні та неметрологічні характеристики вимірювальних засобів

Тема 3. Похибки приладів.

- 3.1 Оцінка достовірності результату вимірювання
- 3.2. Природа, класифікація та нормування похибок
- 3.3. Клас точності приладу

Тема 4. Похибки вимірювань.

- 4.1 Випадкова величина та ймовірність події
- 4.2 Кількісна характеристика випадкових величин. Нормальний закон розподілу
- 4.3. Ймовірісно-статистична обробка результатів вимірювань
- 4.4 Оцінка точності непрямих (опосередкованих) вимірювань

Тема 5. Ймовірісно-статистична оцінка результатів вимірювань.

- 5.1 Ймовірісно-статистична обробка результатів вимірювань
- 5.2 Оцінка точності непрямих (опосередкованих) вимірювань
- 5.3 Метод найменших квадратів та графічний підбір формул

Тема 6. Сигнали вимірювальної інформації.

- 6.1. Природа сигналів
- 6.2. Елементарні сигнали
- 6.3. Складні сигнали та їх спектри
- 6.4. Цифрова форма і кодування сигналів

Тема 7. Перенесення сигналів та інформації

- 7.1. Вимірювальне перетворення і модуляція сигналів
- 7.2. Пряма і амплітудна модуляція аналогових сигналів
- 7.3. Частотна фазова модуляція аналогових сигналів
- 7.4. Модуляція імпульсних сигналів
- 7.5. Сигнали і завади

Тема 8. Інформаційно-енергетичні властивості сигналів.

- 8.1. Ймовірнісна природа інформації
- 8.2. Одиниці вимірювальної інформації
- 8.3. Інформаційна ємність та енергія сигналу
- 8.4. Стандартизація сигналів

Розділ 2. Фізичні основи та засоби вимірювання

Тема 9. Електровимірювальні прилади з механічною протидією.

- 9.1. Обертний і протидіючий моменти
- 9.2. Магнітоелектрична система
- 9.3. Електростатична система
- 9.4. Теплова система

Тема 10. Електровимірювальні прилади з електромагнітною протидією.

- 10.1. Електродинамічні механізми
- 10.2. Феродинамічні механізми
- 10.3. Логометричний механізм
- 10.4. Індукційний механізм

Тема 11. Прилади порівняння і зрівноваження.

- 11.1. Міст постійного струму
- 11.2. Міст змінного струму
- 11.3. Потенціометр постійного струму
- 11.4. Потенціометр змінного струму

Тема 12. Електронні прилади.

- 12.1. Енергія сигналу і вхідні параметри приладу
- 12.2. Структура електронних приладів
- 12.3. Електронні вольтметри.
- 12.4. Електронні осцилографи.

Тема 13. Структура і принцип роботи цифровий вимірювальний пристрій (ЦВП).

- 13.1. Методи аналого-цифрового перетворення
- 13.2. АЦП безпосереднього порівняння
- 13.3. АЦП слідкуючого зрівноваження
- 13.4. АЦП послідовного та стохастичного наближення

Тема 14. Основні типи ЦВП і алгоритми їх роботи

- 14.1. Частотомір, хронометр
- 14.2. Фазометр

14.3. Цифрові вольтметри

14.4 Мультиметри

14.5 Ватметр, лічильник електроенергії

3. Структура навчальної дисципліни

Назви тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	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
	Рік підготовки 3 Семестр 5						Рік підготовки 4 Семестр 7					
Розділ 1. Основи метрології												
Тема 1	7	1		2		4	7					7
Тема 2	7	1		2		4	7	1	1			5
Тема 3	7	1		2		4	7	1	1			5
Тема 4	7	1		2		4	7	1	1			5
Тема 5	7	1		2		4	7	1	1			5
Тема 6	7	1		2		4	7	1	1			5
Тема 7	5	1		2		2	5	1	1			3
Тема 8	7	1		2		4	7					7
Розділ 2. Фізичні основи та засоби вимірювання												
Тема 9	11	1		2		8	11	1	1			9
Тема 10	11	1		2		8	11	1	1			9
Тема 11	11	1		2		8	11	1	1			9
Тема 12	11	1		2		8	11	1	1			9
Тема 13	11	1		2		8	11					11
Тема 14	11	1		2		8	11					11
Усього годин	120	14	-	28	-	78	120	10	10	-	-	100

4. Темі лабораторних (практичних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження метрологічних характеристик термопар	2 (1)
2	Дослідження метрологічних характеристик терморезисторів	2 (1)
3	Дослідження метрологічних характеристик вимірювального моста постійного струму	2 (1)
4	Визначення віддалі до місця пошкодження кабеля мостовим методом	2 (1)
5	Вимірювання опору ізоляції мережі та з електроустановок	2 (1)
6	Вимірювання електроопору заземлювачів	2 (1)
7	Звірка цифрового лічильника електроенергії	2 (1)
8	Вимірювання потужності у трифазних колах	2 (1)

	електродинамічним ватметром	
9	Дослідження будови і роботи електродинамічного фазометра в колі змінного струму	2 (1)
10	Дослідження будови і роботи електронного осцилографа	2 (1)
11	Дослідження параметрів електричних кіл осцилографом	2
12	Дослідження генератора сигналів і частотоміра	2
13	Дослідження метрологічних характеристик вимірювального трансформатора струму	2
14	Дослідження метрологічних характеристик багатоканального ЦВП	2
Усього годин		28 (10)

5. Питання для самостійного вивчення

№ з/п	Назва теми
1	Методи вимірювань
2	Допоміжні вимірювальні засоби
3	Розрахунок похибки за класом точності
4	Непевність вимірювань
5	Градування приладів і підбір формул
6	Цифрова форма і кодування сигналів
7	Модуляція імпульсних сигналів
8	Стандартизація сигналів та вимірювань
9	Теплова система електровимірних приладів з механічною протидією
10	Індукційний механізм електровимірних приладів з електромагнітною протидією
11	Потенціометр змінного струму
12	Електронні вольтметри та електронні осцилографи
13	Мікропроцесори в структурі ЦВП
14	Мультиметри

6. Індивідуальні завдання

Виконання індивідуального завдання у формі лекційно-практичних занять передбачає рішення задач і прикладів, виконання креслень, схем, підготовки різних відповідей, рефератів, контрольних робіт (з конкретних питань), розробка документації, виконання практичної роботи, аналіз виробничої інформації, рішення професійних завдань.

Індивідуальні завдання видаються викладачем згідно методичних рекомендацій за порядковим номером студента.

7. Методи навчання

1. Словесні методи: (розповідь, пояснення, бесіда, лекція).

2. Наочні методи:

– ілюстрація (таблиці, моделі, макети, рисунки, каталоги продукції),
– демонстрування: презентація в PowerPoint навчальних матеріалів, навчальні відеофільми; діючі експериментальні моделі, дослід, експеримент, спостереження та досліді в лабораторних умовах.

3. Практичні методи: лабораторні, практичні та самостійні роботи.

8. Методи контролю

1. Усне опитування (фронтальне, індивідуальне, детальний аналіз відповідей студентів).

2. Письмова аудиторна та поза аудиторна перевірка (рішення задач і прикладів, виконання схем, рефератів (з конкретних питань тощо)).

3. Практична перевірка (виконання лабораторно-практичної роботи, аналіз виробничої інформації, рішення професійних завдань тощо).

4. Стандартизований контроль (Залік).

Види контролю: Проміжна та семестрова атестація.

9. Результати навчання

У результаті засвоєння окремих тем із дисципліни «Контрольно-вимірювальні прилади з основами метрології» здобувачі першого (бакалаврського) рівня вищої освіти набувають знання, уміння та компетентності, що відповідають вимогам ОП «Електрична інженерія» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Індекс в матриці ОПІ	Програмні компоненти
ЗК01	Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.
ЗК02	Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
ЗК06	Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.
ЗК07	Здатність працювати в команді.
ЗК011	Здатність формувати команду фахівців.
ФК01	Здатність вирішувати практичні задачі із застосуванням систем автоматизованого проектування і розрахунків (LabVIEW).
ФК02	Здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки.
ФК04	Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами метрології, електричних вимірювань, роботою пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики.
ФК06	Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами виробництва, передачі та розподілення електричної

	енергії.
ФК10	Усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.
ФК11	Здатність оперативно вживати ефективні заходи в умовах надзвичайних (аварійних) ситуацій в електроенергетичних та електромеханічних системах.
ФК12	Здатність досліджувати електроустановки з метою оцінки їх придатності до використання в АПК.
ПР01	Знати і розуміти принципи роботи електричних систем та мереж, силового обладнання електричних станцій та підстанцій, пристроїв захисного заземлення та грозозахисту та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.
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.
ПР05	Знати основи теорії електромагнітного поля, методи розрахунку електричних кіл та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.
ПР07	Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах.
ПР10	Знаходити необхідну інформацію в науково-технічній літературі, базах даних та інших джерелах інформації, оцінювати її релевантність та достовірність.
ПР15	Розуміти та демонструвати добру професійну, соціальну та емоційну поведінку, дотримуватись здорового способу життя.
ПР19	Застосовувати придатні емпіричні і теоретичні методи для зменшення втрат електричної енергії при її виробництві, транспортуванні, розподіленні та використанні.
ПР20	Уміти виявляти та формулювати проблему і знаходити шляхи її вирішення стосовно об'єктів АПК.

10. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота (разом 100 балів)													Сума	
розділ 1							розділ 2						100	
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13		T14
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	2	7		8

11. Методичне забезпечення

Підручники і навчальні посібники; інструктивно-методичні матеріали до лабораторних і практичних занять; індивідуальні навчально-дослідні завдання; контрольні роботи; текстові та електронні варіанти тестів для поточного і підсумкового контролю, методичні матеріали для організації самостійної роботи студентів, виконання індивідуальних завдань.

1. Коробка С. В. «Дослідження метрологічних характеристик вимірювального трансформатора струму» Методичні рекомендації до виконання лабораторно-практичної роботи з дисципліни «Контрольно-вимірювальні прилади

з основами метрології» для студентів спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. ОС «Бакалавр». ЛНАУ, 2022 р. 21 с.

2. Коробка С. В. «Дослідження параметрів електричних кіл осцилографом» Методичні рекомендації до виконання лабораторно-практичної роботи з дисципліни «Контрольно-вимірювальні прилади з основами метрології» для студентів спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. ОС «Бакалавр». ЛНАУ, 2022 р. 25 с.

3. Татомир А. В., Коробка С. В. "Вимірювання опору ізоляції мереж та електроустановок" Методичні рекомендації до виконання лабораторно-практичної роботи з дисципліни «Контрольно-вимірювальні прилади з основами метрології» для студентів спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. ОС «Бакалавр». ЛНАУ, 2018 р. 24 с.

4. Татомир А. В., Коробка С. В. "Визначення віддалі до місця пошкодження кабеля мостовим методом" Методичні рекомендації до виконання лабораторно-практичної роботи з дисципліни «Контрольно-вимірювальні прилади з основами метрології» для студентів спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. ОС «Бакалавр». ЛНАУ, 2017 р. 26 с.

5. Татомир А.В., Коробка С.В. «Звірка цифрового лічильника електроенергії» Методичні рекомендації до виконання лабораторно-практичної роботи з дисципліни «Контрольно-вимірювальні прилади з основами метрології» для студентів спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. ОС «Бакалавр». ЛНАУ, 2016. – 6 с.

6. Татомир А.В., Коробка С.В. «Дослідження генератора сигналів і частотоміра» Методичні рекомендації до виконання лабораторно-практичної роботи з дисципліни «Контрольно-вимірювальні прилади з основами метрології» для студентів спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. ОС «Бакалавр». ЛНАУ, 2016. – 19 с.

7. Татомир А.В., Коробка С.В. «Дослідження метрологічних властивостей індуктивних давачів лінійних переміщень» Методичні рекомендації до виконання лабораторно-практичної роботи з дисципліни «Контрольно-вимірювальні прилади з основами метрології» для студентів спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. ОС «Бакалавр». ЛНАУ, 2017. – 10

12. Рекомендована література

Основна

1. Метрологія та вимірювальна техніка: підручник / за ред. проф. Є. С. Поліщука. Львів: вид. Львівської політехніки, 2020. 544 с.

2. Дорожовець М. М. Основи метрології та електричні вимірювання Львів: вид-во НУ «Львівська політехніка», 2020. 372 с.

3. Сиротюк В. М., Хімка С. М., Сиротюк С. В. Віртуальні контрольно-вимірювальні прилади і системи. Навчальний посібник Львів: Магнолія 2006, 2017. 128 с.

Допоміжна

1. Поліщук Є. С. Засоби та методи вимірювань неелектричних величин: підручник. Л. : вид. Бескид Біт, 2008. 618 с.
2. Чинков В. М. Цифрові вимірювальні прилади. Харків : вид. НТУ «ХП», 2008. 508 с.
3. Дорожовець М. М., Івахів О. В., Мокрицький В. О. Уніфікуючі перетворювачі інформаційного забезпечення мехатронних систем. Львів: вид. НУ «Львівська політехніка». 2009. 304 с.
4. Дудюк Д. П., Максимів В. М., Оріховський Р. Я. Електричні вимірювання. Львів, Афіша. 2003. 268 с.
5. Гуржій А. М. Електричні і радіотехнічні вимірювання. К. : Навчальна книга. 2002. 287 с.
6. Шаповаленко О. Г., Бондер В. М. Основи електричних вимірювань. К. : Либідь. 2002. 320 с.

13. Інформаційні ресурси

1. Бібліотечно-інформаційні ресурси – [книжковий фонд](#), періодика та фонди на [електронних носіях](#) бібліотеки ЛНУП, державних органів науково-технічної інформації, наукових, науково-технічних бібліотек та інших наукових бібліотек України.
2. Методичні рекомендації до виконання лабораторно-практичних робіт з дисципліни "Контрольно-вимірювальні прилади з основами метрології" <https://moodle.lnup.edu.ua/> – 29.08.2024 р.
3. Електронні версії конспектів лекцій, навчальних посібників, періодичних видань.
4. Електронні інформаційні ресурси мережі Інтернет з переліком сайтів:
<http://lnau.edu.ua/lnau/index.php/uk/f-s/mex/navplanmeh261015/4435-navplanenergbak2020720208sp.html> – 29.08.2024 р.
<https://masteram.com.ua> – 29.08.2024 р.
<http://demo.sde.ua/course/view.php?id=22> – 29.08.2024р.
<http://www.rudshel.ua> – 29.08.2024 р.
<http://www.insys.ua> – 29.08.2024 р.
<http://www.lcard.ua> – 29.08.2024 р.