



ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	G Інженерія, виробництво та будівництво
Спеціальність	G3 Електрична інженерія
Освітня програма	Системи забезпечення споживачів електричною енергією, Енергоменеджмент та енергоефективні технології
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	II курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	120 годин / 4 кредити ECTS, 30 год. – лекції, 16 год. – лабораторні заняття, 74 год. – СРС
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік, модульна контрольна робота (МКР)
Розклад занять	https://schedule.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: канд. техн. наук, доцент Коцар Олег Вікторович , kotsar.oleg@ill.kpi.ua ; +38(067) 370 53 61 (WhatsApp) – у робочі години, виключно повідомлення. Консультації: щопонеділка, 16:00-17:00 Лабораторні заняття: канд. техн. наук, доцент Закладний Олег Олександрович , zakladnyi.oleg@ill.kpi.ua ; +38(096) 984 87 83 (WhatsApp) – у робочі години, виключно повідомлення. Консультації: щовівторка, 16:00-17:00
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс Google Classroom https://classroom.google.com/c/ODY4Njq2MDE5NzU0?cjc=rqrqpiy7

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Вимірювання є одним з шляхів вивчення природи, який об'єднує теорію з практичною діяльністю людини. Вимірювання кількісно характеризують матеріальний світ, що нас оточує, розкриваючи діючі в природі закономірності, і, тим самим, створюють базу для наукових знань. "Наука починається з того часу, як починають вимірювати. Точна наука немислима без міри", – наголошував Дмитро Іванович Менделєєв. Відомий, також, вислів засновника англійської метрології сера Уільяма Томсона, відомого всім нам під ім'ям Лорда Кельвіна: "Кожна річ відома нам лише у тому ступеню, в якому її можна виміряти".

Вимірювання застосовуються майже у всіх областях людської діяльності: для обліку матеріальних та енергетичних ресурсів, забезпечення належної якості продукції, уніфікації деталей і вузлів механізмів, вдосконалення технологій, автоматизації виробництва, стандартизації, охорони здоров'я, забезпечення безпеки праці тощо. Роль вимірювань безперервно зростає у всіх галузях науки і техніки. І це цілком природньо: кожному відкриттю, кожному кроку вперед у науці й техніці передують велика кількість різноманітних вимірювань. Як наслідок, зростають вимоги до якості вимірювань, їхньої достовірності та надійності. Разом з цим зростає і роль метрології в сучасному житті – науки про вимірювання фізичних величин,

методах і засобах забезпечення єдності вимірювань та способах досягнення необхідної точності.

Метою навчальної дисципліни є формування у бакалаврів сучасного рівня знань, умінь і навиків у галузі електричної інженерії під час здійснення вимірювань та використання їхніх результатів в тепло- та електроенергетиці. Завданням опанування дисципліни є навчання бакалаврів основам метрології та електричних вимірювань, плануванню та постановці вимірювального експерименту, виконанню вимірювань, обробленню результатів вимірювань, оцінюванню похибок вимірювань із заданою надійністю, вибору та застосуванню засобів вимірювань, зокрема, аналогових та цифрових вимірювальних приладів і вимірювальних інформаційних систем під час розв'язання професійних завдань у сфері тепло- та електроенергетики, використовувати одержані знання, уміння та навички для подальшого професійного навчання.

Предметом навчальної дисципліни є формування теоретичних знань і практичних навичок роботи із засобами вимірювань, вибору методів вимірювань, планування і постановки вимірювального експерименту, виконання практичних вимірювань, оброблення результатів вимірювань, оцінювання похибок вимірювань. Це дасть змогу бакалаврам у галузі електричної інженерії використовувати набуті знання для розв'язання професійних задач високої складності, зокрема, планувати вимірювальні експерименти, проводити практичні вимірювання, обробляти результати вимірювань, оцінювати похибки вимірювань із заданим рівнем надійності тощо.

Дисципліна розкриває поняття метрології, вимірювань, забезпечення єдності вимірювань, вимірювального експерименту, засобів вимірювань та їхніх метрологічних характеристик, точності вимірювань, похибок вимірювань, надійності результатів вимірювань, що спрямовано на досягнення високого рівня організації управління тепло- та електропостачанням, а також режимами електроспоживання споживачів.

Компетентності: (ЗК01) здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу; (ЗК02) здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях; (ЗК03) здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово; (ЗК07) здатність працювати в команді; (ФК04) здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами метрології, електричних вимірювань, роботою пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики.

Програмні результати навчання: (ПРН02) 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; (ПРН18) вміти самостійно вчитися, опановувати нові знання і вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням, вимірювальною технікою та прикладним програмним забезпеченням.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Задля успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти: теоретичною базою дисциплін “Вища математика”, “Теоретичні основи електротехніки”. Компетентності та програмні результати навчання, які одержано в процесі вивчення дисципліни, є необхідними для вивчення дисциплін “Релейний захист та автоматизація енергосистем” та “Системи електропостачання”, а також якісного виконання бакалаврського дипломного проєкту.

3. Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Метрологія. Законодавчі засади функціонування метрологічної системи в Україні.

Тема 1. Метрологія – наука про вимірювання.

Тема 2. Законодавчі засади функціонування метрологічної системи в Україні.

Змістовий модуль 2. Теорія вимірювань.

Тема 3. Вимірювання. Види вимірювань. Методи вимірювань. Результати вимірювань.

Тема 4. Похибки вимірювань.

Тема 5. Систематичні похибки вимірювань.

Тема 6. Випадкові похибки вимірювань.

Тема 7. Оброблення результатів вимірювань, що містять випадкові похибки.

Тема 8. Оцінювання результатів непрямих вимірювань.

Змістовий модуль 3. Теорія засобів вимірювань.

Тема 9. Засоби вимірювань. Аналогові вимірювальні прилади.

Тема 10. Електромеханічні вимірювальні механізми.

Тема 11. Похибки засобів вимірювань.

Тема 12. Цифрові вимірювальні прилади. .

Тема 13 Автоматизація вимірювань. Вимірювальні інформаційні системи.

Змістовий модуль 4. Електричні вимірювання.

Тема 14. Вимірювання електричних величин.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. *Основи метрології та електричних вимірювань: конспект лекцій для студ. галузі знань G3 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».* / Розр.: О. В. Коцар – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022.
2. *Основи метрології та електричних вимірювань: метод. вк. до викон. домашньої контрольної роботи для студ. напрямків підготовки/спеціальностей «Електротехніка та електротехнології» та «Теплоенергетика»* / Уклад: О. В. Коцар, Ю. О. Расько – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 15 с.
3. *Основи метрології та електричних вимірювань: підручник* / В.В. Кухарчук, В.Ю. Кучерук, Є. Т. Володарський, В. В. Грабко. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 522 с. URL: <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/download/220/403/444-1?inline=1>
4. John R. Taylor (1996). *An Introduction to Error Analysis: The Study of Uncertainties in Physical Measurements.* University Science Books. ISBN 978-0-935702-75-0.

Додаткова література

(факультативно / ознайомлення)

5. Коцар О. В. Визначення похибки вимірювання активної електричної енергії в розподілених АСКОВЕ // *Український метрологічний журнал*, 2010. – №3 – С. 16–23.
6. *Основи метрології та електричних вимірювань: метод. вк. до викон. лабораторних робіт для студ. напрямків підготовки/спеціальностей «Електротехніка та електротехнології» та «Теплоенергетика»* / Уклад: О. В. Коцар, О. О. Закладний, Ю. О. Расько – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 96 с.
7. *Основи метрології та електричних вимірювань: метод. вк. до самост. роботи для студ. напрямків підготовки/спеціальностей «Електротехніка та електротехнології» та*

«Теплоенергетика» / Уклад: Є. А. Штогрин, О. В. Коцар, О. О. Закладний, Ю. О. Расько – К.: НТУУ «КПІ», 2013.

8. ДСТУ 2681. Метрологія. Терміни та визначення.
9. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність».
10. Закон України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності».
11. Концепція побудови автоматизованих систем обліку електроенергії в умовах енергоринок / Затв. спільним наказом Мінпаливенерго, НКРЕ, Держкоенергозбереження, Держстандарту, Держбуду та Держкомпромполітики України №32/28/28/276/75/54 від 17.04.00. – м. Київ.
12. Коцар О. В. Автоматизовані системи контролю, обліку та управління енерговикористанням [електронне видання] // Навч. посібн. — К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, — Дніпро: Середняк Т.К., ISBN 978-617-7479-26-9, 2017. — 44 с. URL: <http://tcem.kpi.ua/навчальні-посібники/>
13. Коцар О. В. Класифікація даних обліку електричної енергії // Вимірювальна техніка та метрологія, 2018. — Випуск 79, № 2 — С. 42–52. DOI: <https://doi.org/10.23939/istcmtm2018.02.042>
14. Коцар О. В. Забезпечення синхронності вимірювань та обліку в лібералізованих ринках електричної енергії // Енергетика: економіка, технології, екологія. 2018. — № 3 — С. 23–34.
15. Коцар О. В. Керування часом в засобах диференційованого обліку електроенергії // Енергетика та електрифікація, 2011. — № 9 — С. 43–50.
16. Коцар О. В. Класифікація АСОЕ // Енергетика та електрифікація, 2010. — № 10 — С. 41–50.
17. Коцар О. В., Романько В. М. Методи та засоби синхронізації вимірювань під час диференційованого обліку електричної енергії в ОРЕ України // Український метрологічний журнал, 2009. — № 4 — С. 8–16.
18. Проблеми створення шкали єдиного часу вимірювальних систем електроенергетики України / О. С. Клейман, О. В. Коцар, П. О. Кравченко та ін. // Енергетика та електрифікація, 2007. — № 1 — С. 42–49.

Літературу, бібліографія якої подана із посиланням, можна знайти в Internet. Літературу, бібліографія якої не містить посилання, можна знайти в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Обов'язковим для прочитання є окремі розділи базової літератури [1–5]. Розділи базової літератури, що є обов'язковими для прочитання, а також зв'язок цих ресурсів з конкретними темами дисципліни наводиться нижче, в методиці опанування навчальної дисципліни. Усі інші літературні джерела є факультативними, з ними рекомендується ознайомитись.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Навчальна дисципліна охоплює 30 годин лекцій, 16 годин лабораторних занять та модульної контрольної роботи (МКР) за темами 1–8 тривалістю 2 академічних години.

Лабораторні заняття з дисципліни проводяться з метою закріплення теоретичних положень навчальної дисципліни і набуття студентами умінь, практичних навичок і досвіду постановки вимірювального експерименту, виконання практичних вимірювань, оброблення результатів вимірювань та оцінювання похибок вимірювань. Виходячи з розподілу часу на вивчення дисципліни, рекомендується вісім лабораторних занять.

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
Змістовий модуль 1. Метрологія. Законодавчі засади функціонування метрологічної системи в Україні	
1	Тема 1. Метрологія – наука про вимірювання. Вступ: мета, предмет та завдання вивчення дисципліни, склад дисципліни та розподіл годин, РСО дисципліни, програмні результати навчання. Терміни та визначення: метрологія, вимірювання, фізична величина, забезпечення єдності вимірювань. Предмет метрології: одиниці фізичних величин та їхні системи, еталони та способи передавання розмірів одиниць від еталонів зразковим та робочим засобам вимірювань, методи і засоби вимірювань, загальні методи оброблення результатів вимірювань й оцінювання їхньої точності та ймовірності, основи забезпечення єдності вимірювань. Головні завдання метрології. Метрологія та вимірювальна техніка. <i>Літературні джерела [1, 3, 8, 9]</i>
2	Тема 2. Законодавчі засади функціонування метрологічної системи в Україні. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність. Сфера законодавчо регульованої метрології. Метрологічна система України. Одиниці вимірювань, дозволені до застосування в Україні. Еталони. Вимірювання та використання їхніх результатів. Національна метрологічна служба. Засоби вимірювальної техніки. Технічні регламенти. Оцінка відповідності ЗВТ вимогам технічних регламентів: модулі оцінки відповідності. Повірка ЗВТ. Метрологічний нагляд. <i>Літературні джерела [1, 9]</i>
Змістовий модуль 2. Теорія вимірювань	
3	Тема 3. Вимірювання. Види вимірювань. Методи вимірювань. Результати вимірювань. Вимірювання. Види вимірювань. Основні методи вимірювань. Результати вимірювань. Точність вимірювань. Істинне та дійсне значення вимірюваної величини. Прийняте значення. Збіжність та відтворюваність результатів вимірювань. <i>Літературні джерела [1, 3]</i>
4	Тема 4. Похибки вимірювань. Похибки вимірювань. Абсолютна похибка вимірювань. Відносна похибка вимірювань. Систематичні та випадкові похибки вимірювань. Грубі похибки та промахи експериментатора. <i>Літературні джерела [1, 4]</i>
5	Тема 5. Систематичні похибки вимірювань. Класифікація систематичних похибок вимірювань: інструментальні похибки, похибки від невірної застосування засобів вимірювань, теоретичні або методичні похибки вимірювань, похибки, зумовлені зовнішніми впливами, суб'єктивні похибки. Характер прояву систематичних похибок. Виключення систематичних похибок з результатів вимірювань: профілактика похибок, експериментальне виключення похибок, внесення поправок до результатів вимірювань, оцінювання границь систематичних похибок. <i>Літературні джерела [1, 3, 4]</i>
6	Тема 6. Випадкові похибки вимірювань. Причина виникнення випадкових похибок вимірювань. Випадкова похибка. Імовірність. Безпосередній підрахунок імовірностей. Статистичне визначення імовірності. Дискретні та безперервні випадкові величини. Розподіл дискретних випадкових величин. Розподіл безперервних випадкових величин. Закон нормального розподілу випадкових величин та тлумачення його характеристик з точки зору метрології. Закон нормального розподілу результатів вимірювань. Закон нормального розподілу випадкових похибок. Параметри нормального закону розподілу: математичне сподівання вимірюваної величини, дисперсія результатів спостережень, середнє квадратичне відхилення результатів спостережень. <i>Літературні джерела [1, 3, 4]</i>

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
7	Тема 7. Оброблення результатів вимірювань, що містять випадкові похибки. Середнє арифметичне значення результатів спостережень. Відхилення від середнього. Визначення середнього квадратичного відхилення за дослідними даними. Оцінка збіжності результатів вимірювань. Оцінка ймовірності попадання випадкової похибки у завданий інтервал. Рівень значущості. Практичне застосування параметрів нормального розподілу. Довірчий інтервал Лапласа. Довірча ймовірність Лапласа. Похибки для середнього арифметичного. Довірчі інтервали та ймовірності для середнього арифметичного. Коефіцієнт довіри Стюдента. Грубі похибки. Промахи: виключення промахів з ряду спостережень, критерій Шовене. <i>Літературні джерела [1, 2, 4, 5]</i>
8	Тема 8. Оцінювання результатів непрямих вимірювань. Непрямі вимірювання. Визначення похибки різниці. Визначення похибки суми. Визначення похибки добутку. Визначення похибки відношення. Визначення похибки у сумах та різницях. Визначення похибки у добутках та відношеннях. Визначення похибки у довільній функції однієї змінної, у тригонометричній функції та у степеневій функції. Метод визначення похибки непрямих вимірювань «крок за кроком». Метод визначення похибки непрямих вимірювань кінцевих приростів. Універсальний метод визначення похибки непрямих вимірювань «за один прийом». <i>Літературні джерела [1, 2, 4, 5]</i>
9	Складання модульної контрольної роботи (МКР)
Змістовий модуль 3. Теорія засобів вимірювань	
10	Тема 9. Засоби вимірювань. Аналогові вимірювальні прилади. Розподіл засобів вимірювань за призначенням: зразкові та робочі засоби вимірювань. Класифікація засобів вимірювань: кодові засоби вимірювань, реєструвальні засоби вимірювань, вимірювальні прилади, вимірювальні канали, вимірювальні системи. Вимірювальні пристрої: міри, компаратори, вимірювальні перетворювачі, масштабні перетворювачі, обчислювальні компоненти. Будова аналогового вимірювального приладу: вимірювальний ланцюг приладу, чутливий елемент. Класифікація вимірювальних приладів за різними ознаками: показувальні та реєструвальні прилади, прилади прямої дії та прилади порівняння, прилади, які показують значення вимірюваної величини в даний момент часу та інтегрувальні вимірювальні прилади. Відліковий пристрій аналогового вимірювального приладу. Шкала вимірювального приладу. Рівняння чутливості вимірювального приладу. <i>Літературні джерела [1]</i>
11	Тема 10. Електромеханічні вимірювальні механізми. Загальні відомості про електромеханічні вимірювальні механізми: вираз для обертового моменту, вираз для протидіючого моменту, рівняння шкали, електромеханічні вимірювальні механізми логометричного типу. Типи електромеханічних вимірювальних механізмів. Магнітоелектричні вимірювальні механізми. Електромагнітні вимірювальні механізми. Магнітоелектричні та електромагнітні амперметри та вольтметри. Електродинамічні та феродинамічні вимірювальні механізми: електродинамічні ватметри. Електростатичні вимірювальні механізми: електростатичні вольтметри. Індукційні вимірювальні механізми: індукційні лічильники електричної енергії. <i>Літературні джерела [1]</i>

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
12	Тема 11. Похибки засобів вимірювань. Похибка вимірювального приладу. Похибка міри. Відносна похибка засобу вимірювань. Приведена похибка засобу вимірювань, нормоване значення. Основна похибка засобу вимірювань, адитивна та мультиплікативна складова основної похибки засобу вимірювань. Додаткові похибки засобу вимірювань. Клас точності засобу вимірювань. Систематичні та випадкові похибки засобів вимірювань. Статичні та динамічні похибки засобів вимірювань. Варіація показів вимірювального приладу. Чутливість вимірювального приладу. Постійна вимірювального приладу. Поріг чутливості вимірювального приладу. Вибір зразкових засобів вимірювань за точністю. <i>Літературні джерела [1]</i>
13	Тема 12. Цифрові вимірювальні прилади. Будова цифрового вимірювального приладу (ЦВП). Нормування похибки ЦВП. Структурна схема ЦВП. Сигнал. Види сигналів: аналоговий, дискретний, цифровий. Характеристики ЦВП. Переваги та недоліки ЦВП. Аналого-цифрове перетворення: дискретизація в часі, квантування за рівнем, кодування. Дискретизація в часі: рівномірна, адаптивна, вибіркова. Похибка дискретизації. Квантування за рівнем. Похибка квантування. Кодування. <i>Літературні джерела [1]</i>
14	Тема 13. Автоматизація вимірювань. Вимірювальні інформаційні системи. Вимірювальна інформаційна система (ВІС). Класифікація ВІС. Агрегатний принцип побудови ВІС. Види сумісності ВІС. Основні структури ВІС. Класифікація ВІС за принципом управління: централізовані та децентралізовані ВІС. <i>Літературні джерела [1, 5]</i>
Змістовий модуль 4. Електричні вимірювання	
15	Тема 14. Вимірювання електричних величин. Вимірювання сили електричного струму, напруги, електричного опору в мережах постійного струму. Вимірювання сили електричного струму та напруги в однофазних мережах змінного струму. Вимірювання електричної потужності та електричної енергії в однофазних мережах змінного струму. Вимірювання електричної потужності та електричної енергії в трифазних мережах змінного струму. <i>Літературні джерела [1–3]</i>

Лабораторні заняття

№ з/п	Назва теми лабораторного заняття та перелік основних питань
1	Вступ до курсу лабораторних занять. Техніка безпеки. Планування, постановка та проведення вимірювального експерименту. Порядок виконання лабораторних робіт. Вступ до курсу лабораторних робіт з дисципліни. Охорона праці та техніка безпеки під час виконання вимірювань в електровимірювальній лабораторії, безпечне виконання лабораторних робіт. Порядок виконання лабораторних робіт. Планування та постановка вимірювального експерименту, виявлення систематичних похибок та виключення їх до початку вимірювань. Виконання спостережень, зчитування відліку зі шкали вимірювального приладу. Оброблення результатів спостережень. Запис результатів вимірювань: приведення похибок та результатів. Оцінювання результатів вимірювань. Лабораторна робота 1. Вимірювання електричного опору на постійному струмі за законом Ома. Методи вимірювання електричного опору на постійному струмі. Вимірювання електричного опору на постійному струмі за законом Ома за допомогою вольтметра та амперметра. Планування вимірювального експерименту. Виявлення методичних (теоретичних) похибок вимірювань. Синтез схеми вимірювань. Виконання спостережень, інтерполювання положення вказівника на шкалі вимірювального приладу, зчитування відліку зі шкали вимірювального приладу, та запис результатів спостережень. Оброблення результатів спостережень, визначення та запис результату вимірювань. Оформлення лабораторної роботи 1. <i>Літературні джерела [1, 4, 6]</i>

№ з/п	Назва теми лабораторного заняття та перелік основних питань
2	Лабораторна робота 2. Вимірювання електричного опору на постійному струмі методом заміщення. Вимірювання електричного опору на постійному струмі методом заміщення за допомогою магазину опорів. Планування вимірювального експерименту. Виявлення методичних (теоретичних) похибок вимірювань. Синтез схеми вимірювань. Виконання спостережень та запис результатів спостережень. Оброблення результатів спостережень, визначення та запис результату вимірювань. Оформлення лабораторної роботи 2. Захист лабораторних робіт 1 та 2. <i>Літературні джерела [1, 4, 6]</i>
3	Лабораторна робота 3. Дослідження трансформаторів струму. Призначення трансформаторі струму (ТС). Принципова схема та схема заміщення ТС. Джерела похибок ТС. Ідеальний та дійсний коефіцієнт трансформації ТС. Векторна діаграма ТС, графічне відображення похибок ТС, кут втрат. Аналітичне визначення похибки струму. Аналітичне визначення кутової похибки. Режим роботи ТС. Вимірювальні схеми з ТС. Оформлення лабораторної роботи. Захист лабораторної роботи 3. <i>Літературні джерела [1]</i>
4	Лабораторна робота 4. Вимірювання сили електричного струму та напруги в однофазній мережі змінного струму. Електромагнітні вимірювальні механізми. Аналогові амперметри та вольтметри: позначення типу електромагнітного вимірювального механізму на шкалі вимірювального приладу. Планування вимірювального експерименту. Вибір границі вимірювань. Синтез схеми вимірювань, вимірювання сили електричного струму за допомогою трансформатора струму. Виконання спостережень, робота з нелінійними шкалами та визначення робочої ділянки шкали, зчитування відліку зі шкали вимірювального приладу, запис результатів спостережень. Оброблення результатів спостережень для схем з вимірювальними трансформаторами, визначення та запис результату вимірювань. Оцінювання похибки засобів вимірювань. Оформлення лабораторної роботи 4. <i>Літературні джерела [1]</i>
5	Лабораторна робота 5. Вимірювання електричної потужності в однофазній мережі змінного струму. Електродинамічні та феродинамічні вимірювальні механізми. Аналогові ватметри: позначення типу електродинамічного вимірювального механізму на шкалі вимірювального приладу. Планування вимірювального експерименту. Вибір границі вимірювань. Синтез схеми вимірювань, вимірювання електричної потужності за допомогою трансформатора струму. Виконання спостережень, робота з нелінійними шкалами та визначення робочої ділянки шкали, зчитування відліку зі шкали вимірювального приладу, запис результатів спостережень. Оброблення результатів спостережень для схем вимірювання електричної потужності з вимірювальними трансформаторами, визначення та запис результату вимірювань. Оцінювання похибки засобів вимірювань. Оформлення лабораторної роботи 5. Захист лабораторних робіт 4 та 5. <i>Літературні джерела [1, 5]</i>
6	Лабораторна робота 6. Дослідження однофазного індукційного лічильника електричної енергії. Індукційні вимірювальні механізми, позначення індукційного вимірювального механізму на шкалі вимірювального приладу. Однофазні індукційні лічильники електричної енергії: конструкція і принцип дії, векторна діаграма, самохід, передаточне число. Схема підключення однофазного індукційного лічильника електроенергії до електричної мережі. Синтез схеми вимірювань. Виконання спостережень, запис результатів спостережень. Оброблення результатів спостережень, визначення та запис результату вимірювань, особливості запису результатів вимірювань інтегровальних вимірювальних приладів. Оцінювання похибки засобу вимірювань. Оформлення лабораторної роботи 6. Захист лабораторної роботи 6. <i>Літературні джерела [1]</i>

№ з/п	Назва теми лабораторного заняття та перелік основних питань
7	Лабораторна робота 7. Дослідження безперервних та дискретних електричних сигналів за допомогою осцилографа та частотоміра. Виконання вимірювань за допомогою цифрових вимірювальних приладів (ЦВП). Дискретні та безперервні фізичні величини. Періодичні сигнали, період та частота періодичного сигналу. Методи і ЦВП вимірювання частоти електричної мережі. Методи і ЦВП вимірювання напруги в електричній мережі змінного струму. Синтез схеми вимірювань. Виконання спостережень, відлік з показувального пристрою, вибір розрядності показувального пристрою, особливості запису результату спостереження з показувального пристрою ЦВП. Оброблення результатів спостережень, визначення та запис результату вимірювань. Оцінювання похибки ЦВП. Оформлення лабораторної роботи 7. Захист лабораторної роботи 7. <i>Літературні джерела [1]</i>
8	Лабораторна робота 8. Види вимірювань. Обробка експериментальних даних під час виконання сумісних вимірювань. Види вимірювань. Сумісні вимірювання. Мета виконання сумісних вимірювань. Оброблення експериментальних даних під час виконання сумісних вимірювань. Лінійна регресія, обчислення параметрів рівняння лінійної регресії. Оцінювання похибок. Оформлення лабораторної роботи 8. Захист лабораторної роботи 8. <i>Літературні джерела [1, 5]</i>

6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	64
2	Підготовка до МКР	4
3	Підготовка до заліку	6

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- на момент проведення кожного заняття, як лекційного, так і лабораторного, у студента на пристрої, з якого він працює, має бути встановлено додаток Zoom (у випадку дистанційного навчання), а також відкрито курс “Основи метрології та електричних вимірювань” на платформі “Сікорський” (код доступу до курсу надається на першому занятті за розкладом). Силабус; лекційний матеріал; методичні рекомендації до лабораторних робіт; контрольні запитання і варіанти завдань до модульної контрольної роботи розміщено на платформі “Сікорський” та у системі “Електронний Кампус КПІ ім. Ігоря Сікорського”;
- під час проходження курсу “Основи метрології та електричних вимірювань” студенти зобов’язані дотримуватись загальних моральних принципів та правил етичної поведінки, зазначених у Кодексі честі Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”;
- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність студента на аудиторному занятті, зокрема, нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до рейтингової системи оцінювання (РСО) дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та лабораторних заняттях.
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях та під час виконання лабораторних робіт, що передбачено РСО дисципліни. Використання засобів зв’язку для пошуку інформації

на гугл-диску викладача, в Інтернет, в дистанційному курсі на платформі "Сікорський" здійснюється за умови вказівки викладача;

- політика дедлайнів та перескладань: несвоєчасне виконання лабораторних робіт передбачають нарахування штрафних балів, кількість штрафних балів упродовж семестру не може перевищувати 10 % максимального значення шкали рейтингової системи оцінювання знань студента впродовж семестру (100 балів). Якщо студент не з'явився на МКР або з'явився, але не здав / не надіслав МКР викладачу у встановлений спосіб, то він вважається таким, що не склав МКР. Якщо студент з'явився на МКР і склав МКР з результатом 0 балів, то йому зараховується МКР з оцінкою 0 балів.
- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, у тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни "Основи метрології та електричних вимірювань";
- під час використання цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись правил українського правопису та загальноприйнятих етичних норм, зокрема, бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача;
- за участь у інститутській олімпіаді з дисципліни, виступ на лекційному занятті з презентацією за темою лекційного заняття з поглибленим дослідженням окремих аспектів в рамках теми, модернізацію лабораторних робіт, виконання завдань із вдосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни студент отримує заохочувальні бали, кількість заохочувальних балів упродовж семестру не може перевищувати 10 % максимального значення шкали рейтингової системи оцінювання знань студента впродовж семестру (100 балів).

Інклюзивне навчання. Засвоєння знань та умінь в ході вивчення дисципліни може бути доступним для більшості осіб з особливими освітніми потребами, окрім здобувачів з серйозними вадами зору, які не дозволяють виконувати завдання за допомогою персональних комп'ютерів, ноутбуків та/або інших технічних засобів.

Навчання іноземною мовою. У ході виконання завдань студентам може бути рекомендовано звернутися до англomовних джерел.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: експрес-опитування на лекційних заняттях, виконання та захист лабораторних робіт, складання МКР.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: зарахування усіх лабораторних робіт, складання МКР, семестровий рейтинг більший за 30 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	відмінно
94-85	дуже добре
84-75	добре
74-65	задовільно
64-60	достатньо
менше 60	незадовільно
не виконані умови допуску	не допущено

Загальна рейтингова оцінка студента після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекційних заняттях;
- складання та захист лабораторних робіт;
- складання модульної контрольної роботи (МКР);
- залік.

Експрес-опитування на лекційних заняттях	Виконання та захист лабораторних робіт	МКР	R_c	$R_{злк}$	R
8	32	60	100	40	100

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекційних заняттях

Ваговий бал – 2.

Максимальна кількість експрес-опитувань на всіх лекціях – 4.

2 бали * 4 = 8 балів.

Критерії оцінювання:

- правильні відповіді на всі питання з місця – 2 бали.
- правильні відповіді на окремі питання з місця – 1 бал.
- не правильні відповіді на питання з місця – 0 балів.

Виконання та захист лабораторних робіт

Ваговий бал – 4.

Максимальна кількість всіх лабораторних робіт – 8.

4 бали * 8 = 32 бали.

Критерії оцінювання:

- вчасна підготовка до лабораторного заняття – 1 бал;
- вчасне виконання лабораторної роботи і отримання результатів спостережень – 1 бал;
- оброблення результатів спостережень, визначення і оцінювання результатів вимірювань, оформлення і вчасний (плановий) захист лабораторної роботи – 1–2 бали;
- не підготовка, невчасна підготовка до лабораторного заняття, помилки під час виконання спостережень або оброблення результатів спостережень, неправильне визначення та/або подання результатів вимірювань, не захист/не вчасний захист лабораторної роботи залежно від терміну прострочення планових строків і критичності помилок – 0–1 бал.

Модульна контрольна робота

Ваговий бал кожної частини МКР – 30.

Максимальний бал за МКР – 30 балів * 2 = 60 балів.

Критерії оцінювання:

- правильне розв'язання задачі – 30 балів;
- часткове розв'язання задачі – 1–29 балів;

- *неправильне розв'язання / не розв'язання задачі – 0 балів;
На виконання МКР відведено одне лекційне заняття.*

Календарний контроль: проводиться двічі за семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Умовою позитивного першого та другого календарного контролів є отримання не менше 50 % максимально можливого на момент відповідного календарного контролю рейтингу, виконання всіх лабораторних робіт (на час атестації).

Форма семестрового контролю – залік

На заліку студенти виконують письмову контрольну роботу. Контрольна робота містить два практичних завдання (задачі). Кожне практичне завдання (задача) оцінюється у 20 балів за такими критеріями:

- “відмінно”, повна відповідь, не менше 90 % потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня “умінь”, (повне, безпомилкове розв'язання завдання) – 20 балів;
- “добре”, достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня “умінь” або є незначні неточності (повне розв'язання завдання з незначними неточностями) – 12–19 балів;
- “задовільно”, неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до “стереотипного” рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 1–11 балів;
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

Для заочної форми навчання

Поточний контроль: лабораторні роботи (32 бали), МКР (68 балів). Лабораторні роботи, структура, вимоги до них та критерії оцінювання аналогічні як і для очної форми навчання і наведено вище.

Семестровий контроль: залік. Умови допуску до семестрового контролю: виконані і зараховані усі лабораторні роботи та МКР.

Сума стартових балів та балів за екзаменаційну контрольну роботу переводиться до залікової оцінки за таблицею:

Бали	Оцінка
100...95	відмінно
94...85	дуже добре
84...75	добре
74...65	задовільно
64...60	достатньо
менше 60	незадовільно
не виконано або не захищено лабораторну роботу, не складено ДКР або МКР, не захищено ДКР	не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Здобувач вищої освіти має можливість пройти онлайн курс(и) за однією або декількома темами, передбаченими робочою програмою навчальної дисципліни. Онлайн курс здобувач може обрати самостійно або за рекомендацією викладача. 1 год прослуханого курсу оцінюється у 0,83 бали. Максимальна кількість годин, яка може бути зарахована за результатами неформальної освіти, становить 12 год, відповідно максимальна кількість балів за такі результати становить – 10 балів.

Методи та форми навчання включають не лише традиційні університетські лекції та комп'ютерні практикуми, а також елементи роботи в командах, презентації за окремими темами та групові дискусії. Застосовуються стратегії активного навчання, які визначаються такими методами та технологіями: методи проблемного навчання (дослідницький метод); особистісно-орієнтовані технології, засновані на таких формах і методах навчання як кейс-технологія і проєктна технологія; візуалізація та інформаційно-комунікаційні технології, зокрема електронні презентації для лекційних занять. Комунікація з викладачем будується за допомогою використання інформаційної системи "Електронний кампус КПІ ім. Ігоря Сікорського", платформи дистанційного навчання Google Classroom, а також такими інструментами комунікацій, як електронна пошта і WhatsApp (виключно для повідомлень). Під час навчання та для взаємодії зі студентами використовуються сучасні інформаційні системи і технології для розв'язання навчальних завдань.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцент кафедри електропостачання, канд. техн. наук, доцент Коцар О. В.

Ухвалено кафедрою електропостачання (протокол № 22 від 24 червня 2026 року).

Погоджено Навчально-методичною комісією НН ІЕЕ (протокол № 43 від 29 червня 2026 року).