



НАЗВА КУРСУ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Основи метрології та електричні вимірювання

Реквізитивна навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський) /
Галузь знань	14 Електрична інженерія
Спеціальність	141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма	Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів
Статус дисципліни	вибіркова
Форма навчання	очна/ дистанційна/ змішана
Рік підготовки, семестр	2 курс осінній семестр
Обсяг дисципліни	
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік, модульна контрольна робота
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: Старший викладач Щербань Анастасія Павлівна Лабораторні: : Старший викладач Щербань Анастасія Павлівна
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс (Moodle, https://do.ipu.kpi.ua/course/view.php?id=4106)

Програма навчальної дисципліни

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

Кредитний модуль «Основи метрології та електричних вимірювань» входить до циклу вибіркової дисципліни підготовки бакалаврів за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» присвячений вивченню основних понять метрології, способам нормування похибок засобів вимірювальної техніки, методів обробки і представлення результатів різних видів вимірювання; методів вимірювання електричних величин: постійного і змінного струмів і напруги, електричного опору, частоти і кута зсуву фаз..

Метою кредитного модуля є формування у студентів здатностей :

- 1) Знання основних понять метрології: метрологія, фізична величина, системи фізичних величин, розмірність, одиниці вимірювання, шкали вимірювань.
- 2) Знання основних понять: результат вимірювання, процедура вимірювання, вимірювальні операції, класифікація засобів вимірювальної техніки, методи прямих вимірювань, похибка, точність вимірювань, похибки вимірювань.
- 3) Знання методів підвищення точності
- 4) Знання класів точності засобів вимірювальної техніки, визначення і представлення невизначеності результату вимірювання.

5) Вміння обробляти і представляти результати прямих одноразових і багаторазових вимірювань, опосередкованих одноразових вимірювань.

6) Знання основних методів і засобів вимірювання основних електричних величин.

Дисципліна «Основи метрології та електричних вимірювань» формує у студентів наступні компетентності:

1) здатність використання нормованих похибок засобів вимірювальної техніки (класів точності) при обробці результатів вимірювання;

2) здатність вибирати засіб вимірювальної техніки в залежності від цілі вимірювання, діапазону зміни вимірювальної величини, неінформативних параметрів і необхідної точності вимірювання основних електричних величин:

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

Навчальна дисципліна «Основи метрології та електричних вимірювань» викладається на основі знань та умінь, одержаних студентами під час вивчення кредитних модулів таких дисциплін як: «Вища математика», «Загальна фізика».

Знання та уміння, одержані в процесі вивчення кредитного модуля «Основи метрології та електричних вимірювань», є необхідними для кожного фахівця даної спеціальності, які вирішують інженерні завдання у сфері електротехніки та при вивченні таких дисциплін: «Теоретичні основи електротехніки», «Теорія автоматичного керування електротехнічних комплексів та мехатронних систем», «Нелінійні задачі та ідентифікація електротехнічних та мехатронних комплексів», «Моделювання електротехнічних та мехатронних систем» тощо.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліна «Основи метрології та електричні вимірювання» складається з наступних розділів та тем:

Розділ 1. Основні поняття метрології та вимірювальної техніки

Тема 1.1. Вступ. Основні поняття метрології

Тема 1.2 Методи підвищення точності

Тема 1.3 Класи точності засобів вимірювання. Невизначеність вимірювання.

Тема 1.4 Обробка даних і представлення результату при прямих одноразових вимірюваннях.

Тема 1.5 Обробка даних і представлення результату при прямих багаторазових вимірюваннях.

Тема 1.6 Систематичні і випадкові похибки в опосередкованих вимірюваннях.

Тема 1.7 Обробка даних і представлення результату при опосередкованих одноразових і багаторазових вимірюваннях.

Розділ 2 Вимірювання електричних величин.

Тема 2.1 Вступ. Процес вимірювання. Основні методи вимірювання.

Тема 2.2. Міри фізичних величин

Тема 2.3. Перетворювачі електричних величин.

Тема 2.4 Вимірювальні перетворювачі середніх, амплітудних і дійсних значень.

Тема 2.5 Вимірювання струмів і напруги.

Тема 2.6 Вимірювання струму і напруги цифровими приладами. Компенсаційний метод вимірювання.

Тема 2.7 Вимірювання параметрів електричних кіл методом зрівняння.

Тема 2.8 Опосередковані методи вимірювання електричних величин.

Тема 2.9.1 Методи і засоби вимірювання частоти

Тема 2.9.2 Методи і засоби вимірювання кута зсуву фаз - самостійне вивчення

4. Навчальні матеріали і ресурси

1. Основи метрології та вимірювальної техніки : у 2т. : навч. посіб. / В.Д.Ціделко, Яремчук Н.А., Затока С.А. та ін. – К. : НТУУ «КПІ», 2013 – 1т. - 236 с. – Бібліогр. : 234-235. (гриф рекомендовано Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України як система дистанційного навчання за дисципліною «Метрологія та вимірювання» для студентів вищих навчальних закладів) №1/11-4453 від 92ю06ю2011 р.).

2. Основи метрології та вимірювальної техніки : у 2т. : навч. посіб. / В.Д.Ціделко, Яремчук Н.А., Затока С.А. та ін. – К. : НТУУ «КПІ», 2015 – 2т. - 262 с.

3. М.Дорожовкць, В. Мотало, Б.Стадник, В.Василюк, Р.Борек, А.Ковальчук; За ред. Б Стадника. Основи метрології та вимірювальної техніки: Підручник у 2т. Том 1 Основи метрології. Львів; видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2005 р. – 528 с.

4. М.Дорожовкць, В. Мотало, Б.Стадник, В.Василюк, Р.Борек, А.Ковальчук; За ред. Б Стадника. Основи метрології та вимірювальної техніки: Підручник у 2т. Том 2 Вимірювальна техніка. Львів; видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2005 р. – 654 с.

5. В.Д.Ціделко, Н.А.Яремчук. Невизначеність вимірювання. Обробка даних і поданих результату вимірювання – Київ; ІВЦ Видавництво «Політехніка», 2002 -176 с.

6. Теоретичні основи інформаційно-вимірювальної техніки : методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів напряму підготовки 6.051003 "Прилади" / Мін-во освіти і науки України, НТУУ "КПІ" ; [уклад. В. А. Порєв, С. Х. Кушнір, М. О. Маркін, О. М. Маркіна]. - Київ : НТУУ "КПІ", 2010. - 32 с.

Додаткова.

7. ДСТУ 2681-94 Метрологія Терміни та визначення.

8. Жихарев Ж.М. Основи метрології та стандартизації : (цикл лекційних і практичних занять) : навчально-методичний посібник / В.М. Жихарєв, Р.Є. Павлишин ; Міністерство освіти і науки України, Державний вищий навчальний заклад "Ужгородський національний університет", Фізичний факультет. - Ужгород : РІК-У, 2020. - 279 с.

Літературу, бібліографія якої подана із посиланням, можна знайти в інтернеті. Літературу, бібліографія якої не містить посилання, можна знайти в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського. Обов'язковим для прочитання є окремі розділи базової літератури [1]-[6]. 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)

Під час викладання дисципліни застосовуються наступні методи активного індивідуального та колективного навчання, які визначаються наступними підходами:

- 1) метод проблемно-орієнтованого викладання;
- 3) інтерактивна взаємодія з викладачем;
- 4) інформаційно-комунікаційні технології, що забезпечують проблемно-дослідницький характер процесу навчання та активізацію самостійної роботи студентів – електронні презентації для лекційних занять та комп'ютерних практикумів, доповнення традиційних навчальних занять засобами взаємодії на основі мережевих комунікаційних можливостей (Інтернет-форуми, Інтернет-семінари).

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (посилання на літературу)
1	Лекція 1. Тема 1.1. Вступ. Основні поняття метрології Основні поняття метрології: метрологія, фізична величина, одиниці вимірювання, системи фізичних величин, розмірність, класифікація засобів вимірювальної техніки, шкали вимірювання. Література: [1,3,6]
2	Лекція 2. Тема 1.1. Вступ. Основні поняття метрології Основні поняття метрології: вимірювання, види вимірювання, методи прямих вимірювань (зіставлення, зрівноваження, Ноніуса, диференційний метод, заміщення), точність вимірювання, похибки вимірювань - класифікація. Література: [1,3,6]

3	<p>Лекція 3. Тема 1.2 Методи підвищення точності</p> <p>Методи підвищення точності: засновані на запобіганні виникнення похибок(методи стабілізації впливних величин і зменшення дії впливних величин) та на зменшенні вже існуючи похибок (метод корекції і метод статистичної мінімізації). Методи корекції систематичної складової похибки.</p> <p>Питання «Методи корекції змінної систематичної похибки»– самостійне вивчення</p> <p>Література: [2,3,6]</p>
4	<p>Лекція 4. Тема 1.3 Класи точності засобів вимірювання. Невизначеність вимірювання.</p> <p>Класи точності засобів вимірювальної техніки: способи нормування та позначення.</p> <p>Невизначеність результату вимірювання: розширена та стандартна, види, представлення результату вимірювання.</p> <p>Література: [1,3,5]</p>
5	<p>Лекція 5. Тема 1.4 Обробка даних і представлення результату при прямих одноразових вимірюваннях: аналіз складових похибки вимірювання, оцінювання невизначеності, виключення та облік систематичних складових похибки, представлення результату.</p> <p>Приклад об'єднання похибок.</p> <p>Література: [2,3]</p>
6	<p>Лекція 6. Тема 1.5 Обробка даних і представлення результату при прямих багаторазових вимірюваннях:</p> <p>Результати прямих багаторазових вимірювань квазідетермінованих величин, цензурування вибірки, перевірка гіпотези про нормальності вибірки, методика оцінювання результату з невизначеністю, критерії незначної похибки. Приклад.</p> <p>Література: [2,3]</p>
7	<p>Лекція 7. Тема 1.6 Систематичні і випадкові похибки в опосередкованих вимірюваннях: визначення систематичних і випадкових похибок у опосередкованих вимірюваннях для різних видів функціоналу і вихідних даних.</p> <p>Література: [2,3]</p>
8	<p>Лекція 8. Тема 1.7 Обробка даних і представлення результату при опосередкованих одноразових і багаторазових вимірюваннях: обробка даних опосередкованих вимірювань для різних типів функціоналу і вихідних даних, визначення і представлення результату вимірювання з розширеною і стандартною невизначеностями.</p> <p>Література: [2,3]</p>
9	<p>Лекція 9. Модульна контрольна робота</p>
10	<p>Лекція 10. Тема 2.1 Вступ. Процес вимірювання. Основні методи вимірювання.</p> <p>Основні елементи процесу вимірювання величин, аналіз постановки вимірювальної задачі, умови проведення вимірювань, вимоги до оператора, обробка і представлення результатів. Основні вимоги до фізичних величин, загальні положення. Методи вимірювання (зрівноваження, компенсаційний, зрівняння).</p> <p>Література: [2,3]</p>
11	<p>Лекція 11. Тема 2.2. Міри фізичних величин</p> <p>Міра електрорушійної сили, міри активного опору, ємкості, індуктивності і взаємної індуктивності - технічні і метрологічні характеристики, особливості конструкцій.</p> <p>Література: [2,4]</p>
12	<p>Лекція 12. Тема 2.3.Перетворювачі електричних величин.</p> <p>Вимірювальні дільники напруги – резистивні, ємкісні, індуктивні. Вимірювальні трансформатори напруги і струму.</p> <p>Література: [2,4]</p>
13	<p>Лекція 13. Тема 2.4 Вимірювальні перетворювачі середніх, амплітудних і дійсних значень: принцип дії, призначення, особливості використання в електронних вольтметрах.</p> <p>Література: [2,4]</p>
14	<p>Лекція 14. Тема 2.5 Вимірювання струмів і напруги.</p> <p>Загальні відомості. Електромеханічні вимірювальні прилади – види, структура, моменти, розширення границь вимірювання (шунти і добавки), метрологічні</p>

	характеристики. Електронні вимірювальні прилади – структура, вольтметри постійного струму, універсальний електронний вольтметр, метрологічні характеристики. Література: [2,4]
15	Лекція 15. Тема 2.6 Вимірювання струму і напруги цифровими приладами. Компенсаційний метод вимірювання. Цифровий вольтметр – структура, метрологічні характеристики. Потенціометр постійного струму і компенсатор змінного струму – принцип дії, призначення метрологічні характеристики. Література: [2,4]
16	Лекція 16. Тема 2.7 Вимірювання параметрів електричних кіл методом зрівняння. Параметри електричних кіл. Вимірювання опорів на постійному струмі - магнітоелектричні і електродинамічні омметри. Електронні омметри. Реалізація методу зрівняння - пости постійного і змінного струму. Технічні і метрологічні характеристики. Література: [2,4]
17	Лекція 17. Тема 2.8 Опосередковані методи вимірювання електричних величин. Вимірювання параметрів кіл на постійному струмі: з використанням потенціометра постійного струму; з використанням міри опору і вольтметра; методом амперметра і вольтметра. Вимірювання параметрів кіл на змінному струмі: з використанням трансформаторів струму і напруги, методом амперметра, вольтметра і ватметра; вимірювання взаємної індуктивності; коефіцієнта потужності. Література: [2,4]
18	Лекція 18. Тема 2.9.1 Методи і засоби вимірювання частоти Загальні відомості. Аналогові електромеханічні частотоміри – резонансний і електродинамічний; електронний; універсальний цифровий - структури, принцип дії, метрологічні характеристики частотомірів. Електродинамічний, електронний і цифровий фазометри - дії, метрологічні характеристики. Питання «Вимірювання параметрів електричного сигналу з використанням електронно-променевого осциллографу» - на самостійне вивчення Література: [2,4]

Практичні заняття

№ з/п	Завдання, які виносяться на практичні заняття
Лабораторне заняття 1	Вступне заняття Ознайомлення з методикою проведення лабораторних робіт. Вимоги до протоколу.
Лабораторне заняття 2	Вивчення методів вимірювання фізичних величин
Лабораторне заняття 3	Вивчення методів підвищення точності вимірювань
Лабораторне заняття 4	Вимірювання сили струму
Лабораторне заняття 5	Вимірювання напруги
Лабораторне заняття 6	Вимірювання частоти
Лабораторне заняття 7	Вимірювання параметрів електричного сигналу з використанням електронно-променевого осциллографу
Лабораторне заняття 8	Вимірювання напруги електронними вольтметрами
Лабораторне заняття 9	Здача останньої роботи і всіх заборгованостей по лабораторним роботам

6. Самостійна робота студента

З дисципліни «Основи метрології та електричних вимірювань» передбачені наступні види самостійної роботи студента:

Самостійна робота студента передбачає:

підготовку до аудиторних занять – 54 год;

підготовку до модульної контрольної роботи – 4 год;

підготовку до заліку – 8 год.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Силабус, лекційний матеріал, завдання до лабораторних робіт розміщуються в системі «Електронний Кампус КПІ». Завдання до лабораторних робіт та до модульної контрольної роботи надаються під час практичних занять. У випадку дистанційного навчання, на момент проведення кожного заняття, як лекційного, так і практичного, у студента на пристрої, з якого він працює, має бути встановлено додаток Zoom та наявна можливість використовувати e-mail.

Терміни виконання лабораторних робіт вказуються в системі «Електронний Кампус КПІ». Лабораторні роботи та модульна контрольна робота виконуються впродовж практичних занять.

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».

Усі без виключення студенти зобов'язані дотримуватись вимог Положення про систему запобігання академічному плагіату в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

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

Поточний контроль: виконання всіх лабораторних робіт – 8 балів за кожну своєчасну виконану лабораторну роботу (7x8 = 56 балів); своєчасне виконання модульної контрольної роботи – по розділу 1 «Основи метрології» - 26 балів, по розділу 2 «Вимірювання електричних величин – 18 балів.

Завдання в рамках лабораторного практикуму оцінюються в 8 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 8 балів;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 7-5 бали;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 4-3 бали;
- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

Одна частина модульної контрольної роботи по розділу 1 «Основи метрології» складається з трьох питань, кожне з яких оцінюється в 12 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) – 12 балів;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації) – 11-8 бали;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації) – 8-4 бали;
- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

Друга частина модульної контрольної роботи по розділу 2 «Вимірювання електричних величин» складається з трьох питань, кожне з яких оцінюється в 6 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) – 6 балів;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації) – 5-4 бали;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації) – 3- 2 бали;
- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

Вимоги лабораторного практикуму надаються у вигляді методичних рекомендацій і розміщуються на платформі «Сікорський» та у системі «Електронний Кампус КПІ».

Календарний контроль: провадиться двічі на 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.

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: виконані і зараховані лабораторні практикуми, МКР.

Студенти, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань. Сума рейтингових балів, отриманих студентом протягом семестру, переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею.

Якщо сума балів менша за 60, але виконані і зараховані лабораторні практикуми, МКР, студент виконує залікову роботу. У цьому разі сума балів за лабораторні практикуми, МКР та за залікову роботу переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею.

Студент, який у семестрі отримав більше 60 балів, але бажає підвищити свій результат, може взяти участь у заліковій роботі. У цьому разі остаточний результат складається із балів, що отримані на заліковій роботі, та балів за лабораторні практикуми, МКР.

Залікова робота оцінюється у 90 балів. Контрольне завдання цієї роботи складається з двох теоретичних запитань з переліку, що наданий у додатку до силабусу, та задачі.

Кожне запитання та задача оцінюються в 30 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 30 – 25 бали;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 24 – 19 балів;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 18 – 14 балів;
- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 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

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль, наведено у додатку до силабусу.

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.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус По тематиці даної дисципліни):

Складено посада, науковий ступінь, вчене звання, старший викладач Щербань А.П.

Ухвалено кафедрою автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів протокол №23 від 14.06.22 р.

Ухвалено методичною радою ННІЕЕ протокол №12 від 24.06.2022 р.