



ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	14 «Електрична інженерія»
Спеціальність	141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма	Управління, захист та автоматизація енергосистем; Електричні системи і мережі; Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси
Статус дисципліни	Нормативні освітні компоненти. Цикл загальної підготовки
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	II курс / весняний семестр
Обсяг дисципліни	120 годин / 4 кредити ECTS
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен / МКР
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., Лавренова Дарина Леонідівна, uran@fea.kpi.ua Лабораторні : к.т.н., Лавренова Дарина Леонідівна, uran@fea.kpi.ua ; к.т.н., Труніна Ганна Олексівна, a_trunina@ukr.net
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883

Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Основи метрології та електричних вимірювань» (ОМ) складена відповідно до програми підготовки бакалаврів з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітня програма «Управління, захист та автоматизація енергосистем, «Електричні системи і мережі», «Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси».

Метою навчальної дисципліни є набуття студентами знання загальних відомостей про метрологію та електричні вимірювання, принципів побудови електровимірювальної техніки та метрологічного забезпечення в галузі електроенергетики, формування у студентів здатності застосування на практиці методів вимірювання параметрів окремих електричних сигналів та параметрів електричних кіл, використання засобів вимірювальної техніки, обрахунку похибок вимірювань та встановлення результату вимірювань.

Предмет навчальної дисципліни – методи вимірювання, принципи побудови електровимірювальної техніки та метрологічне забезпечення в галузі електроенергетики.

Програмні результати навчання

Загальні компетентності:

K03. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

K06. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

К07. Здатність працювати в команді.

Фахові спеціальні компетентності:

К14. 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:

ПРО2. 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.

ПРО11. Вільно спілкуватися з професійних проблем державною та іноземною мовами усно і письмово, обговорювати результати професійної діяльності з фахівцями та нефахівцями, аргументувати свою позицію з дискусійних питань.

ПРО18. 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)

Для успішного засвоєння дисципліни ОМ студент повинен володіти теоретичною базою навчальної дисципліни «Вища математика», «Загальна фізика», «Теоретичні основи електротехніки», «Вступ до спеціальності».

В свою чергу дисципліна ОМ забезпечує базу для таких дисциплін, як «Теорія автоматичного керування», «Основи і засоби передачі інформації в електроенергетиці», «Автоматизоване та автоматичне управління в енергосистемах», «Основи наукових досліджень», «Електричні мережі та системи» тощо.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Загальні відомості про метрологію та електричні вимірювання

Основні поняття метрології. Класифікація ЗВТ та методів вимірювання.

Розділ 2. Похибки вимірювань

Похибки та невизначеність вимірювання. Подання результатів вимірювання. Оцінка похибок прямих вимірювань. Оцінка похибок опосередкованих вимірювань. Методичні похибки вимірювання електричних величин.

Розділ 3. Міри електричних величин.

Еталони та міри.

Розділ 4. Масштабні перетворювачі струму і напруги.

Шунти та додаткові опори. Вимірювальні трансформатори струму та напруги.

Розділ 5. Вимірювання параметрів електричних сигналів.

Загальні відомості про аналогові електровимірювальні засоби вимірювальної техніки. Аналогово-цифрові перетворювачі.

Розділ 6. Електровимірювальні прилади.

Основні характеристики ЗВ. Повірка та калібрування ЗВТ. ЗВТ магнітоелектричної системи. ЗВТ електромагнітної системи. ЗВТ електродинамічної системи. ЗВТ феродинамічної системи. ЗВТ індукційної системи. ЗВТ електростатичної системи. Електронні ЗВТ. Цифрові електровимірювальні ЗВТ. Дискретизація та квантування. Мікропроцесорні пристрої.

Розділ 7. Вимірювання параметрів електричних кіл.

Мостові вимірювальні схеми. Вимірювання потужності в трьохфазних мережах.

Розділ 8. Інформаційно-вимірювальні системи (ІВС).

Загальні принципи побудови і функціонування ІВС. Автоматична система контролю та обліку енергії.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література:

1. Дистанційний курс «Основи метрології та електричних вимірювань», розміщений на платформі дистанційного навчання "Сікорський" – режим доступу: <https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883>.
2. Лавренова Д.Л. Основи метрології та електричних вимірювань [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». / Д. Л. Лавренова, В. М. Хлистов; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2-ге видання, перероблене і доповнене – Електронні текстові дані (1 файл: 7,35 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 133 с. – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/30052>
3. Дорожовець М. та ін. Основи метрології та вимірювальної техніки: Підручник: У 2 т. / М. Дорожовець В. Мотало, Б. Стадник, В.Васильюк, Р. Борек, А.Ковальчик; За ред. Б. Стадника. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2005. – Т.1. Основи метрології. – 532 с.
4. Дорожовець М. та ін. Основи метрології та вимірювальної техніки: Підручник: У 2 т. / М. Дорожовець В. Мотало, Б. Стадник, В.Васильюк, Р. Борек, А.Ковальчик; За ред. Б. Стадника. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2005. – Т.2. Вимірювальна техніка. – 656 с.
5. Основи метрології та електричних вимірювань: Методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Уклад.: В. М. Хлистов, Д. Л. Лавренова. – К.: НТУУ «КПІ», 2017. – Ч. 1, – 89 с.
6. Основи метрології та електричних вимірювань: Методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Уклад.: В. М. Хлистов, Д. Л. Лавренова. – К.: НТУУ «КПІ», 2017. – Ч. 2, – 85 с.

Додаткова література:

1. Тартаковский Д.Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений. – М.: Высш. шк., 2002. – 205 с.
2. Основы метрологии и электрические измерения / Под ред. Е.М.Душина. – Л.: Энергоатомиздат, 1987. – 480 с.
3. Электрические измерения / Под ред. В.Н. Малиновского. – М: Энергоатомиздат, 1985. – 450 с.
4. Измерение электрических и неэлектрических величин / Под ред. Н.И. Евтихеева. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 352 с.
5. Задачи и примеры расчетов по электроизмерительной технике / Р.М.Демидова-Панферова, В.Н.Малиновский, Ю.С.Солодов. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 192 с.
6. ДСТУ 2681-94. Метрологія. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 1994.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Вивчення дисципліни направлене на засвоєння студентами базових знань та вмінь в галузі електричних вимірювань і обробки результатів вимірювань. Головна увага має приділятися набуттю студентами вміння користуватися засобами вимірювальної техніки, встановлення метрологічних характеристик ЗВТ, обробки результатів вимірювання та встановлення результату вимірювання в стандартизованій формі.

Мета циклу лабораторних робіт – практична реалізація методів вимірювань, вивчення технічних характеристик засобів вимірювання та придбання навичок їх практичного застосування. На лабораторних заняттях студенти мають отримувати практичний досвід використання засобів вимірювальної техніки та методів вимірювання, а також навчитися вимірювати та розраховувати параметри електричних кіл. На захисті лабораторної роботи студенту пропонується розв'язати задачу, що основана на методиці розрахунків до лабораторної роботи.

Модульна контрольна робота розділена на 3 частини (по 30 хвилин) і направлена на закріплення розуміння теоретичного та практичного матеріалу та підготовку до іспиту. Завдання до кожної МКР складається з теоретичних питань та практичної задачі. Приклади задач розглядаються на лекційних та лабораторних заняттях.

Під час виконання лабораторних робіт (перша половина аудиторного заняття) студенти мають відтворити відповідний «Хід лабораторної роботи», зазначений у методичних вказівках. Підготовка до лабораторних робіт, оформлення звітів та підготовка до захисту передбачена в межах самостійної роботи студента. Захист лабораторних робіт відбувається на лабораторних заняттях (друга половина аудиторного заняття).

Теми лабораторних робіт:

- 1. Вимірювання параметрів режимів однофазного електричного кола*
- 2. Дослідження однофазного індукційного лічильника*
- 3. Застосування вимірювальних трансформаторів струму та напруги для вимірювання параметрів режиму одно- і трифазних кіл*
- 4. Вимірювання активної потужності у колах трифазного струму*
- 5. Вимірювання параметрів електрообладнання на постійному струмі*
- 6. Вимірювання параметрів електричних кіл на змінному струмі*
- 7. Повірка засобів електричних вимірювань (частина I)*
- 8. Повірка засобів електричних вимірювань (частина II)*
- 9. Вимірювання параметрів електричних кіл електронно-променевим осцилографом (частина I)*
- 10. Вимірювання реактивної потужності в ланцюгах трифазного струму*
- 11. Дослідження схеми вмикання трифазного лічильника активної енергії методом побудови векторної діаграми*
- 12. Вимірювання великих змінних струмів за допомогою лабораторних і роз'ємних вимірювальних трансформаторів струму*
- 13. Вимірювання втрат в листовій електротехнічній сталі ватметровим методом*
- 14. Вимірювання температури за допомогою термоопору та автоматичного самописного моста*

Програмні результати навчання, контрольні заходи та терміни виконання (оголошуються студентам на першому занятті).

Назви розділів і тем	Лекції (кількість годин)	Лабораторні заняття (кількість годин)	Контрольн і заходи
Розділ 1. Загальні відомості про метрологію та електричні вимірювання.			
Тема 1.1. Основні поняття метрології.	1		МКР
Тема 1.2. Класифікація ЗВТ та методів вимірювання.	1		МКР
Розділ 2. Похибки вимірювань.			
Тема 2.1. Похибки та невизначеність вимірювання.	1	0,5	МКР
Тема 2.2. Подання результатів вимірювання.	0,5	2	МКР
Тема 2.3. Оцінка похибок прямих вимірювань.	0,5	4	МКР
Тема 2.4. Оцінка похибок опосередкованих вимірювань.	1	2	МКР
Тема 2.5. Методичні похибки вимірювання електричних величин.	1		МКР
Розділ 3. Міри електричних величин.			
Тема 3.1. Еталони та міри.	0,5	0,5	МКР
Розділ 4. Масштабні перетворювачі струму і напруги.			
Тема 4.1. Шунти та додаткові опори.	0,5	2	МКР
Тема 4.2. Вимірювальні трансформатори струму та напруги.	3,5	4	МКР
Розділ 5. Вимірювання параметрів електричних сигналів.			
Тема 5.1. Загальні відомості про аналогові електровимірювальні засоби вимірювальної техніки.	0,5	0,5	МКР
Тема 5.2. Дискретизація та квантування.	0,5	0,5	МКР
Тема 5.3. Аналогово-цифрові перетворювачі.	1	1	МКР
Розділ 6. Електровимірювальні прилади.			
Тема 6.1. Основні характеристики ЗВТ.	1		МКР
Тема 6.2. Повірка та калібрування ЗВТ.	1	2	МКР
Тема 6.3. ЗВТ магнітоелектричної системи.	2		МКР
Тема 6.4. ЗВТ електромагнітної системи.	0,5	0,5	МКР
Тема 6.5. ЗВТ електродинамічної системи.	2	2	МКР
Тема 6.6. ЗВТ феродинамічної системи.	0,5	0,5	МКР
Тема 6.7. ЗВТ індукційної системи.	3	4	МКР
Тема 6.8. ЗВТ електростатичної системи.	0,5		МКР
Тема 6.9. Електронні ЗВТ.	4	2	МКР
Тема 6.10. Мікропроцесорні пристрої.	1		МКР
Розділ 7. Вимірювання параметрів електричних кіл.			
Тема 7.1. Мостові вимірювальні схеми.	2,5	4	МКР
Тема 7.2. Вимірювання потужності в трьохфазних мережах.	4	4	МКР
Розділ 8. Інформаційно-вимірювальні системи (ІВС).			
Тема 8.1. Загальні принципи побудови і функціонування ІВС.	0,5		МКР
Тема 8.2. Автоматична система контролю та обліку енергії.	1		МКР

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студентів полягає у

- виконанні лабораторних робіт (студенти мають самостійно вивчати матеріали, викладені у теоретичних відомостях методичних вказівок до лабораторних робіт; рекомендовано по 1 годині на підготовку кожної лабораторної роботи),
- готування звітів з лабораторних робіт (рекомендовано по 2 години на виконання звіту та на підготовку до захисту кожної лабораторної роботи),
- ретельній підготовці до тематичних модульних контрольних робіт та екзамену (рекомендовано 6 годин на підготовку).

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування занять студентами є обов'язковими. У разі наявності у студента документа, що виправдовує неможливість його присутності на лабораторних роботах, йому надається можливість виконати роботи за графіком, погодженим з викладачем. У разі наявності у студента документа, що виправдовує неможливість своєчасного проходження модульної контрольної роботи, йому надається можливість здати роботу протягом тижня після його появи на заняттях.

Під час виконання модульних контрольних робіт дозволяється користуватися джерелами інформації у паперовому чи електронному вигляді, але забороняється консультуватися зі сторонніми особами. За несамостійне виконання завдання (після консультації із іншими особами чи колективної наради) студенти, що були задіяні у консультуванні чи колективній нараді, отримують штрафні бали.

Під час екзамену заборонено користуватися будь-якими джерелами інформації та консультуватися/радитися зі сторонніми особами.

Штрафні та заохочувальні бали

Вид завдання	Кількість балів
несамостійне виконання завдання МКР	- 1 бал
своєчасний та якісний захист всіх лабораторних робіт	+ 5 балів

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

Поточний контроль: проводиться за результатами роботи студента на лабораторних заняттях та виконання модульних контрольних робіт.

Вид завдання	%	Ваговий бал	Кількість	Загальний бал
Робота на лабораторних заняттях (творче завдання або розрахункове завдання)	42	5	14	70
Виконання МКР	18	10	3	30
Екзамен	40	65	1	65
Всього				165

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр (атестація) як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Проміжна атестація	Мінімальна кількість захищених лабораторних робіт для отримання позитивної атестації	Мінімальна кількість балів для отримання позитивної атестації
<i>I</i>	6	21
<i>II</i>	12	48

Семестровий контроль: екзамен

Наприкінці семестру студенти мають виконувати екзаменаційну роботу. Екзаменаційна робота складається з 2 теоретичних запитань та 2 практичних задач. Максимальний бал, який студент може отримати за екзаменаційну роботу – 65 балів. Бали за екзаменаційну роботу додаються до балів, набраних за семестр при виконанні лабораторних робіт та модульних контрольних робіт.

Критерії оцінювання теоретичного запитання:

- повна відповідь на запитання – 95%-100% від максимального балу за відповідь;
- неповна відповідь на запитання – 75%-94% від максимального балу за відповідь;
- неповна відповідь на запитання, або наявні значні помилки у відповіді – 60%-74% від максимального балу за відповідь;
- відповідь незадовільна – 10%-59% від максимального балу за відповідь;
- відповідь відсутня – 0 балів.

Критерії оцінювання практичних завдань:

- розв'язок повний – 95%-100% від максимального балу за завдання;
- розв'язок не повний, або є незначні помилки у розв'язку – 75%-94% від максимального балу за завдання;
- розв'язок не повний, є незначні помилки у розв'язку – 60%-74% від максимального балу за завдання;
- розв'язок не повний, є значні помилки у розв'язку – 10%-59% від максимального балу за завдання;
- відсутність розв'язку – 0 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів RD	Кількість балів	Оцінка
156-165	95-100	Відмінно
140-155	85-94	Дуже добре
124-139	75-84	Добре
107-123	65-74	Задовільно
99-106	60-64	Достатньо
Менше 99	Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску		Не допущено

Умови допуску до семестрового контролю: виконання та захист 14 лабораторних робіт. Студенти, які за семестр отримали менше 34 балів в рейтингу мають виконати додаткову контрольну роботу.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у НАКАЗІ № 7-177 ВІД 01.10.2020

*ПРО ЗАТВЕРДЖЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ПРО ВИЗНАННЯ В КПІ ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО РЕЗУЛЬТАТІВ
НАВЧАННЯ, НАБУТИХ У НЕФОРМАЛЬНІЙ/ІНФОРМАЛЬНІЙ ОСВІТІ*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено старшим викладачем кафедри АЕ, к.т.н., Лавреновою Дариною Леонідівною

Ухвалено кафедрою АЕ (протокол № 12 від 24.06.2021р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 24.06.2021р.)