



# ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

## Силабус освітнього компонента

### 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;<br>Електричні системи і мережі;<br>Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси;<br>Електричні станції;<br>Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії;<br>Електричні машини і апарати                                                                                                                                                                            |
| Статус дисципліни                                 | Нормативні освітні компоненти. Цикл загальної підготовки.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Форма навчання                                    | Очна (денна)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Рік підготовки, семестр                           | II курс / осінній семестр (для ОП «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії», «Управління, захист та автоматизація енергосистем», «Електричні станції», «Електричні машини і апарати»)<br>II курс / весняний семестр (для ОП «Електричні системи і мережі» та «Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси»)                                                                                                    |
| Обсяг дисципліни                                  | 4 кредити ECTS / 120 годин (36 год. лекцій; 36 год. лабораторних робіт)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Семестровий контроль/<br>контрольні заходи        | Екзамен; МКР; захист лабораторних робіт                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Розклад занять                                    | <a href="http://roz.kpi.ua/">http://roz.kpi.ua/</a><br>1 лекція (2 год.) 1 раз на тиждень;<br>1 лабораторна робота (2 год.) 1 раз на тиждень                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Мова викладання                                   | Українська                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Інформація про<br>керівника курсу /<br>викладачів | Лектор: к.т.н., Лавренова Дарина Леонідівна, <a href="mailto:uran@fea.kpi.ua">uran@fea.kpi.ua</a><br>Лабораторні: Лавренова Дарина Леонідівна, <a href="mailto:uran@fea.kpi.ua">uran@fea.kpi.ua</a><br>Тимохіна Анастасія Олександрівна, <a href="mailto:a.planida@ukr.net">a.planida@ukr.net</a><br>к.т.н. доц. Омельчук Анатолій Олександрович,<br><a href="mailto:omelchuk_anatoli@ill.kpi.ua">omelchuk_anatoli@ill.kpi.ua</a> |
| Розміщення курсу                                  | <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

### Програма навчальної дисципліни

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

Силабус освітнього компоненту «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», освітніх програм «Управління, захист та автоматизація енергосистем», «Електричні системи і мережі», «Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси», «Електричні станції», «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії».

**Метою навчальної дисципліни** є формування та закріплення у студентів наступних компетентностей:

*К07. Здатність працювати в команді.*

*К14. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами метрології, електричних вимірювань, роботою пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики.*

*К19. Усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування.*

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

**Програмні результати навчання, на формування та покращення яких спрямована дисципліна:**

*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.*

*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**

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

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

*Розділ 1. Основні поняття метрології.*

*Тема 1.1. Основні поняття метрології.*

*Тема 1.2. Класифікація методів вимірювання.*

*Тема 1.3. Похибки та невизначеність вимірювання.*

*Розділ 2. Обробка результатів вимірювання, підсумовування похибок та подання результатів вимірювання.*

*Тема 2.1. Подання результатів вимірювання.*

*Тема 2.2. Оцінка похибок прямих вимірювань.*

*Тема 2.3. Оцінка похибок опосередкованих вимірювань.*

*Тема 2.4. Оцінка похибок опосередкованих вимірювань.*

*Тема 2.5. Методичні похибки вимірювання електричних величин.*

*Розділ 3. Засоби вимірювання електричних величин.*

*Тема 3.1. Класифікація ЗВТ та основні характеристики ЗВ.*

*Тема 3.2. Повірка та калібрування ЗВТ.*

*Розділ 4. Аналогові засоби вимірювання.*

*Тема 4.1. Аналогові ЗВ.*

*Тема 4.2 Шунти та додаткові опори.*

*Тема 4.3. ЗВТ магнітоелектричної системи.*

*Тема 4.4. ЗВТ електромагнітної системи.*

*Тема 4.5. ЗВТ електродинамічної системи.*

*Тема 4.6. ЗВТ феродинамічної системи.*

*Тема 4.7. ЗВТ електростатичної системи.*

Тема 4.8. ЗВТ індукційної системи.

Тема 4.9. Електронні аналогові вольтметри.

Тема 4.10. Електронно-променеві осцилографи.

Тема 4.11. Осцилографічні методи вимірювання параметрів сигналів

Розділ 5. Цифрові засоби вимірювання.

Тема 5.1. Цифрові засоби вимірювання.

Тема 5.2. Аналогово-цифрові перетворювачі.

Тема 5.3. Похибки цифрових ЗВ.

Тема 5.4. Мікропроцесорний багатофункціональний лічильник енергії.

Розділ 6. Інформаційно-вимірювальні системи.

Тема 6.1. Інформаційно-вимірювальні системи.

Тема 6.2. Автоматична система контролю та обліку енергії на ПС.

Розділ 7. Вимірювальні схеми.

Тема 7.1. Мостові вимірювальні схеми.

Тема 7.2. Мости постійного струму.

Тема 7.3. Мости змінного струму.

Тема 7.4. Компенсатор постійного струму.

Розділ 8. Вимірювання потужності в трифазних мережах.

Тема 8.1. Вимірювання потужності в трифазних мережах ватметровими методами.

Тема 8.2. Аналіз схеми підключення 3-фазного двоелементного лічильника.

Розділ 9. Вимірювальні трансформатори струму та напруги.

Тема 9.1. Характеристики ВТН та ВТС.

Тема 9.2. Вимірювальний трансформатор струму.

Тема 9.3. Вимірювальний трансформатор напруги.

#### **4. Навчальні матеріали та ресурси**

##### **Основна література:**

1. 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>
2. Лавренова Д.Л. Основи метрології та електричних вимірювань: лабораторні роботи (для студентів всіх форм навчання) [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньо-професійних програм «Електричні станції», «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії», «Електричні системи і мережі», «Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси», «Управління, захист та автоматизація енергосистем», «Електричні машини і апарати», «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність» / Д.Л. Лавренова, В.М. Хлистов – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 129 с. – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48898>
3. Основи метрології та електричних вимірювань: підручник / В. В. Кухарчук, В. Ю. Кучерук, Є. Т. Володарський, В. В. Грабко; Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України, Вінницький національний технічний університет. Стереотипне видання. – Херсон: Олді-плюс, 2020. – 537 с.
4. Кухарчук В. В. Основи метрології та електричних вимірювань. Частина І: конспект лекцій / В. В. Кухарчук – Вінниця : ВНТУ, 2020. – 148 с.

5. Нестерчук Д.М. Методи і засоби вимірювань електричних та неелектричних величин: навчальний посібник / Д.М.Нестерчук, С.О.Квітка, С.В.Галько. – Мелітополь: «Таврійський державний агротехнологічний університет», 2017. – 206 с.

#### **Додаткова 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. Метрологія. Терміни та визначення. ДСТУ 2681-94. – [Чинний від 01.01.1995] – К.: Держстандарт України, 1994. – 72 с.
3. M.L.Anand. Electrical Measurements & Measuring Instruments. – s k kataria & sons, 2nd 2021 – 300 p.
4. Measurement. Journal of the International Measurement Confederation (IMEKO) – режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/journal/measurement>.
5. Ruthard Minkner, Joachim Schmid. The Technology of Instrument Transformers: Current and Voltage Measurement and Insulation Systems – Springer Vieweg; 1st ed. 2022 edition (September 25, 2021) – 260 p.

### **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.

#### **Лекційні заняття**

| № з/п | Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | <p>Тема 1.1. Основні поняття метрології.</p> <p><u>Основні питання:</u> поняття фізичної величини; завдання метрології; система інтернаціональна (CI); процедура вимірювання; види вимірювань.</p> <p>Тема 1.2. Класифікація методів вимірювання.</p> <p><u>Основні питання:</u> визначення та класифікація методів вимірювання; метод зрівноваження; метод співставлення; метод заміщення; диференціальний метод.</p> <p><u>Література:</u> [1, 4, 5]</p> <p>Допоміжні матеріали*: <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883</a></p>                    |
| 2     | <p>Тема 1.3. Похибки та невизначеність вимірювання.</p> <p><u>Основні питання:</u> визначення та класифікація похибок; абсолютна похибка; відносна похибка; систематична похибка; випадкова похибка; адитивна похибка; мультиплікативна похибка; статична похибка; динамічна похибка; інструментальна похибка; знаходження похибки за класом точності ЗВ; нормування додаткової похибки ЗВ; невизначеність результату вимірювання.</p> <p><u>Література:</u> [1, 2, 4, 5]</p> <p>Допоміжні матеріали*: <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883</a></p> |
| 3     | <p>Тема 2.1. Подання результатів вимірювання.</p> <p><u>Основні питання:</u> визначення; правила запису результату вимірювання та подання похибок.</p> <p>Тема 2.2. Оцінка похибок прямих вимірювань.</p> <p><u>Основні питання:</u> прямі одноразові вимірювання; прямі багаторазові вимірювання.</p> <p>Тема 2.3. Оцінка похибок опосередкованих вимірювань.</p>                                                                                                                                                                                                                                                   |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | <p><u>Основні питання:</u> опосередковані одноразові вимірювання; оцінка систематичної похибки результату опосередкованого вимірювання; оцінка випадкової похибки результату опосередкованого вимірювання.</p> <p><u>Література:</u> [1, 2, 4]</p> <p>Допоміжні матеріали*: <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883</a></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 4 | <p>Тема 2.4. Оцінка похибок опосередкованих вимірювань.</p> <p><u>Основні питання:</u> подання результатів опосередкованих вимірювань; подання результатів опосередкованих вимірювань коли залежність лінійна; подання результатів опосередкованих вимірювань коли залежність нелінійна.</p> <p>Тема 2.5. Методичні похибки вимірювання електричних величин.</p> <p><u>Основні питання:</u> похибка підключення амперметра; похибка підключення вольтметра; похибка підключення ватметра.</p> <p><u>Література:</u> [1, 2, 4]</p> <p>Допоміжні матеріали*: <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883</a></p>                                                                                   |
| 5 | <p>Тема 3.1. Класифікація ЗВТ та основні характеристики ЗВ.</p> <p><u>Основні питання:</u> класифікація засобів вимірювальної техніки; основні властивості ЗВ; характеристики, які необхідні для отримання результату вимірювань; характеристики похибок Характеристики чутливості до впливових величин; динамічні характеристики; характеристики взаємодії; неінформативні параметри вихідного сигналу ЗВ..</p> <p><u>Література:</u> [1, 4, 5]</p> <p>Допоміжні матеріали*: <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883</a></p>                                                                                                                                                                |
| 6 | <p>Тема 3.2. Повірка та калібрування ЗВТ.</p> <p><u>Основні питання:</u> визначення; види повірки; процедура калібрування, коли клас точності ЗВ нормується зведеною похибкою; процедура калібрування, коли клас точності ЗВ нормується відносною похибкою.</p> <p>Тема 4.1. Аналогові ЗВ.</p> <p><u>Основні питання:</u> визначення; структура; моменти, що діють в аналогових ЗВ; класифікація вимірювальних перетворювачів.</p> <p>Тема 4.2 Шунти та додаткові опори.</p> <p><u>Основні питання:</u> розширення меж вимірювання аналогових амперметрів та вольтметрів</p> <p><u>Література:</u> [1, 2, 4, 5]</p> <p>Допоміжні матеріали*: <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883</a></p> |
| 7 | <p>Тема 4.3. ЗВТ магнітоелектричної системи.</p> <p><u>Основні питання:</u> конструкція та принцип дії ЗВТ магнітоелектричної системи; магнітоелектричні омметри.</p> <p>Тема 4.4. ЗВТ електромагнітної системи.</p> <p><u>Основні питання:</u> конструкція та принцип дії ЗВТ електромагнітної системи.</p> <p><u>Література:</u> [1, 4, 5]</p> <p>Допоміжні матеріали*: <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883</a></p>                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 8 | <p>Тема 4.5. ЗВТ електродинамічної системи.</p> <p><u>Основні питання:</u> конструкція та принцип дії ЗВТ електродинамічної системи; електродинамічні амперметри та вольтметри; електродинамічні ватметри; електродинамічний фазометр.</p> <p><u>Література:</u> [1, 4, 5]</p> <p>Допоміжні матеріали*: <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883</a></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 9 | <p>Тема 4.6. ЗВТ феродинамічної системи.</p> <p><u>Основні питання:</u> конструкція та принцип дії ЗВТ феродинамічної системи.</p> <p>Тема 4.7. ЗВТ електростатичної системи.</p> <p><u>Основні питання:</u> конструкція та принцип дії ЗВТ електростатичної системи; електростатичні вольтметри.</p> <p><u>Література:</u> [1, 5]</p> <p>Допоміжні матеріали*: <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883</a></p>                                                                                                                                                                                                                                                                              |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10 | <p>Тема 4.8. ЗВТ індукційної системи.</p> <p><u>Основні питання:</u> конструкція та принцип дії ЗВТ індукційної системи; моменти, що діють в індукційних ЗВ; похибки індукційних ЗВТ; схеми під'єднання лічильника активної енергії до однофазного кола; схеми під'єднання лічильника активної енергії до трифазного кола.</p> <p><u>Література:</u> [1, 2, 5]</p> <p>Допоміжні матеріали*: <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883</a></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 11 | <p>Тема 4.9. Електронні аналогові вольтметри.</p> <p><u>Основні питання:</u> вольтметри постійного струму; вольтметри змінного струму.</p> <p>Тема 4.10. Електронно-променеві осцилографи.</p> <p><u>Основні питання:</u> будова електронно-променевої трубки; структура ЕПО; режим внутрішньої синхронізації; режим зовнішньої синхронізації; призначення «лінії затримки»; основні характеристики осцилографів.</p> <p>Тема 4.11. Осцилографічні методи вимірювання параметрів сигналів</p> <p><u>Основні питання:</u> вимірювання амплітуди та частоти; вимірювання частоти методом кругової розгортки; вимірювання частоти методом фігур Ліссажу; вимірювання зсуву фаз між сигналами методом фігур Ліссажу; метод лінійної розгортки для 2-променевого осцилографа.</p> <p><u>Література:</u> [1, 2, 5]</p> <p>Допоміжні матеріали*: <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883</a></p> |
| 12 | <p>Тема 5.1. Цифрові засоби вимірювання.</p> <p><u>Основні питання:</u> визначення; загальна структура; дискретизація та квантування.</p> <p>Тема 5.2. Аналогово-цифрові перетворювачі.</p> <p><u>Основні питання:</u> класифікація АЦП; АЦП із часо-імпульсним перетворенням; АЦП із частото-імпульсним перетворенням; АЦП із порядним зрівноваженням.</p> <p>Тема 5.3. Похибки цифрових ЗВ.</p> <p><u>Література:</u> [1, 5]</p> <p>Допоміжні матеріали*: <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883</a></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 13 | <p>Тема 5.4. Мікропроцесорний багатофункціональний лічильник енергії.</p> <p><u>Основні питання:</u> будова; функціональні можливості.</p> <p>Тема 6.1. Інформаційно-вимірювальні системи.</p> <p><u>Основні питання:</u> визначення; загальні принципи побудови і функціонування ІВС.</p> <p>Тема 6.2. Автоматична система контролю та обліку енергії на ПС.</p> <p><u>Основні питання:</u> структура; принцип функціонування; методи опитування лічильників енергії.</p> <p><u>Література:</u> [1, 5]</p> <p>Допоміжні матеріали*: <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883</a></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 14 | <p>Тема 7.1. Мостові вимірювальні схеми.</p> <p><u>Основні питання:</u> загальна будова та принцип дії.</p> <p>Тема 7.2. Мости постійного струму.</p> <p><u>Основні питання:</u> одинарні мости постійного струму – будова, принцип дії, чутливість; подвійні мости постійного струму – будова, принцип дії, особливості.</p> <p><u>Література:</u> [1, 2, 5]</p> <p>Допоміжні матеріали*: <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883</a></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 15 | <p>Тема 7.3. Мости змінного струму.</p> <p><u>Основні питання:</u> умови рівноваги; будова мостів змінного струму для вимірювання різних параметрів електричних елементів; частотозалежні та частотонезалежні мости змінного струму; універсальний міст змінного струму для вимірювання індуктивності.</p> <p>Тема 7.4. Компенсатор постійного струму.</p> <p><u>Основні питання:</u> будова; принцип дії; чутливість; особливості; похибки.</p> <p><u>Література:</u> [1, 2, 4, 5]</p> <p>Допоміжні матеріали*: <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883</a></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 16 | Тема 8.1. Вимірювання потужності в трифазних мережах ватметровими методами.<br><u>Основні питання:</u> Метод одного ватметра Метод двох ватметрів Метод трьох ватметрів Висновки щодо вимірювання реактивної потужності<br><u>Література:</u> [1, 2, 4, 5]<br><u>Допоміжні матеріали*:</u> <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883</a>                                                                                                                                                                                   |
| 17 | Тема 8.2. Аналіз схеми підключення 3-фазного двоелементного лічильника.<br><u>Основні питання:</u> аналіз схеми правильного під'єднання лічильника; аналіз деяких схем неправильного під'єднання лічильника; висновки.<br><u>Література:</u> [1, 2, 4, 5]<br><u>Допоміжні матеріали*:</u> <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883</a>                                                                                                                                                                                    |
| 18 | Тема 9.1. Характеристики ВТН та ВТС.<br><u>Основні питання:</u> призначення ВТН та ВТС; Загальні характеристики вимірювальних трансформаторів; схеми з'єднання приладів через ВТС та ВТН;<br>Тема 9.2. Вимірювальний трансформатор струму.<br><u>Основні питання:</u> принцип роботи ВТС; похибки.<br>Тема 9.3. Вимірювальний трансформатор напруги.<br><u>Основні питання:</u> принцип роботи ВТН; похибки.<br><u>Література:</u> [1, 2, 5]<br><u>Допоміжні матеріали*:</u> <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3883</a> |

\* Допоміжні матеріали до лекційних та практичних занять доступні для завантаження виключно здобувачам, які зареєстровані на дистанційний курс «Основи метрології та електричних вимірювань» на Платформі дистанційного навчання «Сікорський» [6].

**Практичні заняття відсутні.**

### **Лабораторні роботи**

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.

Під час виконання лабораторних робіт (перша половина аудиторного заняття) студенти мають відтворити відповідний «Порядок виконання 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).

### **Лабораторні роботи**

| № з/п | Перелік лабораторних робіт                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Кількість ауд. год. |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 1     | Вимірювання параметрів режимів однофазного електричного кола.<br><u>Мета роботи:</u> вивчення побудови, принцип дії та правила вмикання аналогових пристроїв для вимірювання струму, напруги, активної потужності та коефіцієнта потужності в однофазному колі; вивчити методи і набуття практичних навичок вимірювання й аналізу параметрів режиму однофазного кола. | 2                   |
| 2     | Дослідження однофазного індукційного лічильника.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2                   |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |   |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
|    | <u>Мета роботи:</u> вивчення принципу дії, побудову, правила й схеми вмикання в ланцюг однофазного індукційного лічильника, а також дослідження похибки лічильника при зміні значення й характеру навантаження та напруги кола й визначення самоходу лічильника.                                                                                                   |   |
| 3  | Застосування вимірювальних трансформаторів струму та напруги для вимірювання параметрів режиму одно- і трифазних кіл.<br><u>Мета роботи:</u> вивчення схеми вмикання приладів через вимірювальні трансформатори струму й напруги та набуття практичних навичок складання схем і проведення комплексу вимірювань.                                                   | 2 |
| 4  | Вимірювання активної потужності у колах трифазного струму.<br><u>Мета роботи:</u> вивчення методів вимірювання активної потужності у колах трифазного струму при рівномірному й нерівномірному навантаженнях, а також дослідження впливу зміни кута зсуву фаз на покази 2-х ватметрів.                                                                             | 2 |
| 5  | Вимірювання параметрів електрообладнання на постійному струмі.<br><u>Мета роботи:</u> вивчення мостів постійного струму й засобів вимірювання параметрів електрообладнання на постійному струмі; набуття практичних навичок використання відповідних засобів вимірювання.                                                                                          | 2 |
| 6  | Вимірювання параметрів електричних кіл на змінному струмі.<br><u>Мета роботи:</u> вивчення мостові вимірювальні схеми змінного струму, а також набуття навички використання мостових схем.                                                                                                                                                                         | 2 |
| 7  | Повірка засобів електричних вимірювань.<br><u>Мета роботи:</u> вивчення основних методів повірки засобів вимірювання, принципу дії та будови компенсатора постійного струму й набуття навичок його застосування для повірки вольтметра.                                                                                                                            | 2 |
| 8  | Вимірювання параметрів електричних кіл електронно-променевим осцилографом.<br><u>Мета роботи:</u> вивчення побудови, принципу дії електронного осцилографа, ознайомлення з методикою проведення електричних вимірювань і набуття практичних навичок його застосування.                                                                                             | 2 |
| 9  | Вимірювання реактивної потужності в ланцюгах трифазного струму.<br><u>Мета роботи:</u> дослідження схем вимірювання реактивної потужності в трифазних ланцюгах змінного струму за допомогою одного, двох і трьох однофазних ватметрів.                                                                                                                             | 2 |
| 10 | Дослідження схеми вмикання трифазного лічильника активної енергії методом побудови векторної діаграми.<br><u>Мета роботи:</u> вивчення універсального методу перевірки правильності схем вмикання трифазного індукційного лічильника активної енергії, зв'язаного в ланцюг через вимірювальні трансформатори струму і напруги, шляхом побудови векторної діаграми. | 2 |
| 11 | Вимірювання великих змінних струмів за допомогою лабораторних і роз'ємних вимірювальних трансформаторів струму.<br><u>Мета роботи:</u> вимірювання великих змінних струмів за допомогою лабораторних вимірювальних трансформаторів струму; в тому числі роз'ємних, їх градування і перевірка.                                                                      | 2 |
| 12 | Процедура прямих багаторазових вимірювань та обробка результатів вимірювань.<br><u>Мета роботи:</u> засвоєння методики обробки результатів прямих багаторазових вимірювань й набуття навичок проведення процедури таких вимірювань.                                                                                                                                | 2 |
| 13 | Вимірювання втрат в листовій електротехнічній сталі ватметровим методом.                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 2 |

|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|         | <i>Мета роботи: вивчення ватметрового метода вимірювання втрат в листовій електротехнічній сталі.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                  |    |
| 14      | <i>Вимірювання температури за допомогою термоопору та автоматичного самописного моста.<br/>Мета роботи: ознайомлення з електричним методом вимірювання температури, вивчення побудови платиногового термоопору, перевірка градування автоматичного самописного моста, вимірювання температури платиновим термоопором за допомогою автоматичного самописного моста.</i> | 2  |
| 15      | МКР                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 4  |
| 16      | Залікові заняття (атестація)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 4  |
| ЗАГАЛОМ |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 36 |

### **Модульна контрольна робота (МКР)**

Метою МКР є закріплення та перевірка теоретичних знань із освітнього компоненту, набуття студентами практичних навичок знаходження та запису результатів різноманітних видів вимірювання та розрахунку параметрів засобів вимірювальної техніки.

МКР 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.

### **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)**

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

##### **Правила відвідування занять.**

Заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни, бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та лабораторних заняттях.

Відвідування лабораторних 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.

##### **Правила поведінки на заняттях.**

Студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та лабораторних заняттях, передбачені РСО дисципліни. 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) всі студенти отримують штрафні бали відповідно РСО дисципліни.

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

#### **Політика дедлайнів та перескладань.**

Якщо студент не проходив або не з'явився на МКР (без поважної причини), його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів МКР не передбачено. У разі наявності у студента документа, що виправдовує неможливість своєчасного проходження модульної контрольної роботи, йому надається можливість дистанційно виконати роботу протягом тижня після його появи на заняттях.

#### **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 керуватися у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Основи метрології та електричних вимірювань».

При використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах тощо) необхідно дотримуватися загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

#### **Заохочувальні бали**

| <b>Вид завдання</b>                                                    | <b>Кількість балів</b> |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| своєчасний (відповідно розкладу занять) захист всіх лабораторних робіт | + 2,5 бали             |

### **8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)**

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

| <b>Вид завдання</b>                                                         | <b>Ваговий бал</b> | <b>Кількість</b> | <b>Загальний бал</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------|----------------------|
| Робота на лабораторних заняттях (творче завдання або розрахункове завдання) | 2,5                | 14               | 35                   |
| Виконання МКР                                                               | 5                  | 3                | 15                   |
| Екзамен                                                                     | 50                 | 1                | 50                   |
| Всього                                                                      |                    |                  | 100                  |

Критерії оцінювання лабораторних робіт:

Максимальна кількість балів за виконання кожної лабораторної роботи становить 2,5 бали.

Кожна лабораторна робота оцінюється по відсотковій шкалі. Відсотки нараховуються за наступні етапи:

- за виконання лабораторної роботи (позитивний вхідний контроль) та належне оформлення звіту (відповідно до вимог, наведених в методичних вказівках) – 0...40 %,
- за правильність та повноту обрахунків – 0...20 %,
- за відповідь на теоретичне запитання – 0...20 %,
- за розв'язок задачі на захисті – 0...20 %.

Таким чином, сумарно за одну лабораторну роботу нараховується максимум 100 %. Цей показник переводиться пропорційно у бали: 100 % відповідає 2,5 балам.

Якщо студент отримав за лабораторну роботу оцінку меншу за 1,5 бали (60 % від максимальної оцінки), то в рейтинг виставляється 0 балів.

**Критерії оцінювання МКР:**

МКР розбита на 3 частини по 30 хв., що відповідають темам лекційних занять. Кожна МКР складається з 2 теоретичних питань і 1 практичної задачі. Максимальна кількість балів за виконання кожної МКР становить 5 балів.

Кожне завдання МКР оцінюється по відсотковій шкалі. Відсотки нараховуються за повноту виконання завдання:

**Критерії оцінювання теоретичного запитання:**

- повна відповідь на запитання – 25 %;
- неповна відповідь на запитання, або наявні значні помилки у відповіді – 15...24 %;
- відповідь незадовільна – 1...14 %;
- відповідь відсутня – 0 %.

**Критерії оцінювання практичних завдань:**

- розв'язок повний – 46...50 %;
- розв'язок не повний, або є незначні помилки у розв'язку – 40...45 %;
- розв'язок не повний, є незначні помилки у розв'язку – 31...39 %;
- розв'язок не повний, є значні помилки у розв'язку – 30 %;
- відсутність розв'язку – 0 %.

Таким чином, сумарно за одну МКР нараховується максимум 100 %. Цей показник переводиться пропорційно у бали: 100 % відповідає 5 балам.

Якщо студент отримав за МКР оцінку меншу за 3 бали (60 % від максимальної оцінки), то в рейтинг виставляється 0 балів.

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

| <b>Проміжна атестація</b> | <b>Мінімальна кількість захищених лабораторних робіт для отримання позитивної атестації</b> |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>I</i>                  | 5                                                                                           |
| <i>II</i>                 | 12                                                                                          |

**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 – 50 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 – 11,8...12,5 балів;
- неповна відповідь на запитання – 10...11,7 балів;
- неповна відповідь на запитання, або наявні значні помилки у відповіді – 7,5...9,9 балів;
- відповідь незадовільна – 1...7,4 балів;
- відповідь відсутня – 0 балів.

**Критерії оцінювання практичних завдань:**

- розв'язок повний – 11,8...12,5 балів;
- розв'язок не повний, або є незначні помилки у розв'язку – 10...11,7 балів;
- розв'язок не повний, є незначні помилки у розв'язку – 7,5...9,9 балів;
- розв'язок не повний, є значні помилки у розв'язку – 1...7,4 балів;
- відсутність розв'язку – 0 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

| <b>Кількість балів</b>    | <b>Оцінка</b> |
|---------------------------|---------------|
| 95-100                    | Відмінно      |
| 85-94                     | Дуже добре    |
| 75-84                     | Добре         |
| 65-74                     | Задовільно    |
| 60-64                     | Достатньо     |
| 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 20 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 № 3 від 24.09.2025р.)

**Погоджено** навчально-методичною комісією ФЕА (протокол № 1 від 25.09.2025р.)