

ЛІТЕРАТУРА



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА
ПУЛЮЯ

Кафедра електричної інженерії



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для самостійної роботи студентів
з КУРСУ

ВИМІРЮВАННЯ І ОБЛІК ЕНЕРГІЇ. Частина 1

для здобувачів вищої освіти
за ОПП Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка
першого рівня вищої освіти

ID 963

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНА

Тернопіль 2024

Коваль В.П. Методичні вказівки для самостійної роботи студентів з курсу «Вимірювання і облік енергії» для здобувачів першого рівня вищої освіти за ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Уклад.: В.П.Коваль – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2024. – 12 с.

Укладачі: Вадим КОВАЛЬ
к.т.н., доц. завідувач кафедри електричної інженерії

Рецензент Микола ТАРЕСЕНКО
д.т.н., проф.. кафедри електричної інженерії

Методичні вказівки розглянуто і затверджено на засіданні кафедри електричної інженерії
Протокол № 10 від 17.04.2024 р.

Схвалено методичною радою ФПТ Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.
Протокол № 8 від 09.05.2024 р.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| 1. МЕТА І ЗАВДАННЯ КУРСУ | 4 |
| 2. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ЗГІДНО ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ | 6 |
| 3. ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ З ДИСЦИПЛІНИ | 7 |
| 4. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ЯКІ ВІНОСЯТЬСЯ НА САМОСТІЙНУ РОБОТУ | 10 |
| 5. СИСТЕМА ПОТОЧНОГО Й ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ | 10 |
| 6. ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ | 12 |

1. МЕТА І ЗАВДАННЯ КУРСУ

2.1. **Мета вивчення навчальної дисципліни:** ознайомлення з основними поняттями вимірювальної техніки, вивчення методів вимірювання енергетичних величин, будови, принципу дії аналогових, електронних і цифрових засобів вимірювання електричної енергії та систем обліку на їх основі.

2.2. **Завдання навчальної дисципліни:** вивчення особливостей вимірювання величин, які характеризують кількість спожитої електроенергії, а також будову та принцип дії засобів, що здійснюють ці вимірювання, структуру та особливості побудови централізованих систем обліку електроенергії.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

Знати:

- структурні схеми засобів обліку електричної енергії, часове та спектральне представлення сигналів вимірювальної інформації, дискретизацію сигналів, перехідні та частотні характеристики засобів вимірювання.
- будову та принцип дії лічильників електроенергії, їх переваги та недоліки.
- шляхи об'єднання існуючих засобів обліку електроенергії із ЕОМ для створення централізованих систем обліку електроенергії.

Вміти:

- проводити математичну обробку результатів вимірювання.
- визначати метрологічні та неметрологічні характеристики засобів обліку електричної енергії.
- орієнтуватись у сучасному ринку засобів вимірювальної техніки та систем обліку енергії.

Курс базується на знаннях з «Фізики», «Вищої математики», «Теоретичних основ електротехніки» та «Технічна термодинаміка» і є одним з основних при підготовці фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр.

За результатами вивчення дисципліни студент повинен продемонструвати такі **програмні результати навчання: ПР2** 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;
ПР18 Вміти самостійно вчитися, опановувати нові знання і вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням, вимірювальною технікою та прикладним програмним забезпеченням.

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у студентів **компетентностей**:

ІК: Здатність розв'язувати спеціалізовані задачі та вирішувати практичні проблеми під час професійної діяльності у галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів фізики та інженерних наук і характеризуються комплексністю та невизначеністю умов.

ЗК:

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу

ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях ЗК03.

Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово

ЗК04. Здатність спілкуватися іноземною мовою.

ЗК05. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел

ЗК06. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

ЗК07. Здатність працювати в команді.

ЗК08. Здатність працювати автономно

ЗК10. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.

ФК:

ФК14. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами метрології, електричних вимірювань, роботою пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики

ФК19. Усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування.

ФК20. Усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

ФК21. Здатність оперативно вживати ефективні заходи в умовах надзвичайних (аварійних) ситуацій в електроенергетичних та електромеханічних системах.

2. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ЗГІДНО ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль 1.

Тема 1. Поняття і визначення метрології - науки про вимірювання. Загальні відомості про вимірювання. Поняття системи фізичних величин та їхніх одиниць. Основні характеристики якості проведених вимірювань. Класифікація вимірювань. Способи вимірювань.

Тема 2. Засоби вимірювань. Загальні поняття. Основні метрологічні характеристики засобів вимірювання. Основні види засобів вимірювання. Метрологічне забезпечення та повірка засобів вимірювання. Розподіл та принципи оцінювання похибок.

Тема 3. Основні поняття та визначення при вимірювання електричної енергії. Умовні позначення електричних параметрів. Основні поняття, терміни і визначення.

Тема 4. Основні засоби вимірювання параметрів електричної енергії. Засоби та способи вимірювань напруги, струму, активної і реактивної потужностей електроенергії. Класифікація засобів обліку електроенергії.

Змістовний модуль 2.

Тема 5. Принцип дії лічильників електричної енергії. Індукційний вимірювальний механізм. Вимірювання енергії електронними лічильниками. Точність вимірювань електричної енергії лічильниками.

Тема 6. Схеми вмикання лічильників електричної енергії. Схеми вмикання однофазних лічильників електричної енергії. Схеми включення трифазних лічильників в електроустановках напругою 380/220 В. Перевірка схем включення трифазних лічильників в електроустановках напругою 380/220 В.

Тема 7. Структура та основні структурні елементи системи АСКОЕ. Лічильники-датчики в системах автоматизованого контролю й керування електроспоживанням. Цифрові лічильники обліку електроенергії.

Інтерфейси вимірювальних каналів АСКОЕ. Інтерфейси каналів зв'язку АСКОЕ. Комерційні, технічні, централізовані й децентралізовані АСКОЕ.

Тема 8. Якість електричної енергії. Параметри якості електричної енергії. Засоби моніторингу та вимірювання якості електроенергії.

3. ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ З ДИСЦИПЛІНИ

Обов'язковим елементом успішного засвоєння навчального матеріалу дисципліни «Вимірювання і облік енергії» є самостійна робота студентів з вітчизняною і зарубіжною літературою з питань побудови вимірювальних перетворювачів за напрямом підготовки «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Самостійна робота є основним засобом оволодіння навчальним матеріалом у час, вільний від нормованих навчальних занять, тобто лекційних, лабораторних і практичних занять (аудиторної роботи).

Основні види самостійної роботи, на які повинні звертати увагу студенти:

- вивчення лекційного матеріалу;
- робота з опрацювання та вивчення рекомендованої літератури;
- підготовка до практичних занять;
- підготовка до лабораторних занять;
- підготовка до дискусій та інших пропонованих викладачем завдань;
- робота над індивідуальним завданням;
- самоперевірка студентом власних знань за запитаннями для самодіагностики;
- підготуватися до дискусії в аудиторії щодо розуміння вивченого матеріалу;
- підготовка до поточного та підсумкового контролю.

Опрацювання лекційного матеріалу. У системі різних форм навчально-виховної роботи особливе місце належить лекції, де викладач надає студенту основну інформацію, навчає розмірковувати, аналізувати, допомагає опанувати ключові знання, а також спрямовує самостійну роботу студента.

Зв'язок лекції і самостійної роботи студента розглядається в таких напрямках:

- лекція як головна початкова ланка, що визначає зміст і обсяг

самостійної роботи студента;

- методичні прийоми читання лекцій, що активізують самостійну роботу студентів;
- самостійна робота, яка сприяє поглибленому засвоєнню теми на базі прослуханої лекції.

Перший етап самостійної роботи починається з процесу слухання і записування лекції. Правильно складений конспект лекції – найефективніший засіб стимулювання подальшої самостійної роботи студентів. Студент повинен чітко усвідомити, що конспект – це короткий тезовий запис головних положень навчального матеріалу. Складання і вивчення конспекту – перший етап самостійної роботи студента над вивченням теми чи розділу. Конспект допомагає в раціональній підготовці до практичних занять, заліку, у визначенні напрямку і обсягу подальшої роботи з літературними джерелами.

Під час підготовки до лекції студент повинен опрацювати матеріал попередньої лекції з використанням підручників та інших джерел літератури. На лекціях висвітлюють тільки основні теоретичні положення та найбільш актуальні проблеми, тому більшість питань виноситься на самостійне опрацювання.

Підготовка до практичних занять. Підготовка до практичних занять розпочинається з опрацювання лекційного та методичного матеріалу до заданого заняття. Студент повинен самостійно ознайомитися з відповідним розділом робочої програми, підготувати відповіді на контрольні запитання, які подані в програмі у певній послідовності згідно з логікою засвоєння навчального матеріалу.

Практичні заняття збагачують і закріплюють теоретичні знання студентів, розвиваючи їх творчу активність, допомагають у набутті практичних навичок роботи за предметом навчальної дисципліни.

У процесі підготовки до практичних занять самостійна робота студентів є обов'язковою частиною навчальної роботи, без якої успішне і якісне засвоєння навчального матеріалу неможливе. Це свідчить про необхідність керування самостійною роботою студентів з боку викладача завдяки проведенню цілеспрямованих організаційних і контрольних заходів.

Відповідно до навчального плану з кожної теми курсу проводяться практичні заняття. Щороку викладачі уточнюють тематичний план проведення семінарських і практичних занять і ознайомлюють з ним студентів на першому занятті.

Викладач у вступній лекції рекомендує студентам основну і додаткову літературу, а також методичні рекомендації до самостійної роботи та до

організації практичних занять з дисципліни. У методичних вказівках з кожної теми наведено перелік питань для теоретичної підготовки до заняття.

У разі, коли студент не може самостійно розібратися в якомусь питанні, він може отримати консультацію у викладача (згідно з графіком проведення консультацій викладачами кафедри). Добре організовані консультації дозволяють спрямувати самостійну роботу в потрібному напрямі, зробити раціональною і підвищити її ефективність.

Підготовка до лабораторних занять. Підготовка до лабораторних занять розпочинається з опрацювання лекційного матеріалу та теоретичних відомостей методичних вказівок до заданої роботи. Студент повинен самостійно ознайомитися з теоретичними відомостями, послідовністю виконання роботи та підготувати відповіді на контрольні запитання у певній послідовності згідно з логікою засвоєння навчального матеріалу.

Виконання лабораторних робіт збагачують і закріплюють теоретичні знання студентів, розвиваючи їх творчу активність, допомагають у набутті практичних навичок роботи.

У процесі підготовки до лабораторних робіт самостійна робота студентів є обов'язковою частиною навчальної роботи, без якої успішне і якісне засвоєння навчального матеріалу неможливе.

В таблиці 2.1 представлено перелік тем лабораторних робіт та практичних робіт

Таблиця 2.1 – Перелік тем лабораторних робіт

| № | Тема заняття | Кількість годин | |
|----|--|-----------------|-----|
| | | ДФН | ЗФН |
| 1. | Вступне заняття (техніка безпеки, поділ на групи) | 2 | 1 |
| 2. | Лабораторна робота № 1. Вимірювання потужності трифазного струму в трипроводовому колі при рівномірному та нерівномірному навантаженнях. | 2 | 1 |
| 3. | Лабораторна робота № 2. Вимірювання потужності в трифазному колі зі застосуванням вимірювальних трансформаторів струму. | 2 | 1 |
| 4. | Захист лабораторних робіт 1-2 | 2 | 1 |
| 5. | Лабораторна робота № 3. Вмикання в коло і повірка лічильника електричної енергії. | 2 | 1 |
| 6. | Лабораторна робота № 4. Вимірювання активної та | 2 | 1 |

| | | | |
|--------------|---|----|---|
| | реактивної енергії в трипроводовому колі трифазного струму. | | |
| 7. | Лабораторна робота № 5. Вимірювання коефіцієнта потужності та частоти змінного струму | 2 | 1 |
| 8. | Захист лабораторних робіт 3-5 | 2 | 1 |
| Усього годин | | 16 | 8 |

4. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ЯКІ ВІНОСЯТЬСЯ НА САМОСТІЙНУ РОБОТУ

| № | Найменування робіт | Кількість годин | |
|--------------|---|-----------------|-----|
| | | ДФН | ЗФН |
| 1. | Принципи та методи вимірювань фізичних величин. | 1 | 2 |
| 2. | Похибки засобів вимірювання та їхні нормовані значення. Клас точності засобів вимірювання . | 1 | 2 |
| 3. | Основні коди на табло електролічильників і їх розшифрування. | 1 | 2 |
| 4. | Будова електронних лічильників | 1 | 2 |
| 5. | Наслідки неправильного підключення лічильників до електромережі. | 1 | 2 |
| 6. | Основні завдання й функції АСКОВЕ в умовах енергоринку. | 2 | 2 |
| 9. | Підготовка до лабораторних занять | 15 | 40 |
| 10. | Підготовка та складання тестування | 20 | 20 |
| Усього годин | | 42 | 72 |

5. СИСТЕМА ПОТОЧНОГО Й ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ

Оцінювання знань, вмінь і навичок студентів включає ті види занять, які згідно з програмою навчальної дисципліни «Вимірювання і облік енергії» передбачають лекційні, лабораторні заняття, самостійну роботу.

Перевірку і оцінювання знань студентів проводять в наступних формах:

- оцінювання виконання і захист лабораторних робіт;
- складання проміжного контролю знань за змістовими модулями;
- складання екзамену.

Для кожного змістовного модуля передбачено певну форму поточного контролю. Результати поточного контролю автоматично, без участі студента, зараховуються при модульному контролі. Студент може покращити результати поточного контролю при модульному контролі через тестування.

Максимальна оцінка при I модульному контролі — 35 балів;

Максимальна оцінка при II модульному контролі — 40 балів.

Підсумковий контроль - залік.

Максимальна оцінка за залік – 25 балів.

Максимальна оцінка навчальної дисципліни — 100 балів.

| Модуль 1 | | | Модуль 2 | | | Підсумковий контроль | Разом з дисципліни |
|--------------------------------|-----------------------|------------|--------------------------------|-----------------------|------------|--|--------------------|
| Аудиторна та самостійна робота | | | Аудиторна та самостійна робота | | | Одна третя від суми балів, набраних здобувачем впродовж семестру | 100 |
| Теоретичний курс (тестування) | Лабораторна робота | | Теоретичний курс (тестування) | Лабораторна робота | | | |
| 25 | 10 | | 25 | 15 | | 25 | |
| № лекції | Види робіт | К-ть балів | № лекції | Види робіт | К-ть балів | | |
| Тема 1 | Лабораторна робота №1 | 5 | Тема 5 | Лабораторна робота №3 | 5 | | |
| Тема 2 | Лабораторна робота №2 | 5 | Тема 6 | Лабораторна робота №4 | 5 | | |
| Тема 3 | | | Тема 7 | Лабораторна робота №5 | 5 | | |
| Тема 4 | | | Тема 8 | | | | |

| Розподіл оцінок | | |
|------------------------------------|------------|--|
| Сума балів за навчальну діяльність | Шкала ECTS | Оцінка за національною шкалою |
| 90-100 | A | Відмінно |
| 82-89 | B | Добре |
| 75-81 | C | Добре |
| 67-74 | D | Задовільно |
| 60-66 | E | Задовільно |
| 35-59 | FX | Незадовільно з можливістю повторного складання |
| 1-34 | F | Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни |

6. ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Шаповаленко О.Г. Основи електричних вимірювань. / О.Г. Шаповаленко, В.М. Бондар. – К.: Либідь, 2002. – 319 с.
2. Поліщук Є.С. Метрологія та вимірювальна техніка: підручник / Є.С.Поліщук, М.М.Дорожовець, В.О.Яцук, В.М.Ванько, Т.Г.Бойко; за ред. проф. Є.С.Поліщука. – Львів: Видавництво Львівська політехніка, 2012. – 544 с.
3. Головка Д.Б., Реґо К.Г., Скрипник Ю.О. Основи метрології та вимірювань. – Київ: Либідь, 2001.– 408 с.
4. Методи і засоби вимірювань електричних та неелектричних величин: навчальний посібник / Д.М.Нестерчук, С.О.Квітка, С.В.Галько. – Мелітополь: Виданвничо-поліграфічний центр «Люкс», 2017. - 206 с.
5. Таланчук П.М., Скрипник Ю.О., Дубровний В.О. Засоби вимірювання в автоматичних інформаційних системах. – К.: Райдуга, 1994.
6. ДСТУ ISO 10012:2005 Системи керування вимірюванням. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання. – К.: Держспоживстан-дарт України, 2007. - 19 с.
7. Кухарчук В.В. Метрологія та вимірювальна техніка: навч. посібник. / В.В.Кухарчук, В.Ю.Кучерук, В.П.Долгополов, Л.В.Грумінська. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004. – 252 с.
8. Коваль В.П. Автоматизована вимірювальна установка для дослідження електричних характеристик фотоелектричних модулів / В.П. Коваль, Б.Я. Оробчук, Я.М. Осадца, Л.М. Костик // Вісник Хмельницького національного університету – 2022. - №5. – С.168–173
9. Тарасенко М.Г., Коваль В.П. Віртуальний вимірювальний комплекс для дослідження перехідних процесів в електричних колах довільної конфігурації // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2006. – Т.8, №1. – С. 84–91.
10. Orobchuk V. Development and research of Wi-Fi network for receiving and transmitting telemechanical information in the training laboratory / Bogdan Orobchuk, Vadym Koval // Scientific Journal of TNTU. — Tern. : TNTU, 2020. — Vol 99. — No 3. — P. 124–132.

7. Інформаційні ресурси

1. Коваль В.П. Вимірювання і облік енергії[електронний ресурс]: /Днституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 964): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя - Тернопіль, 2011. - Режим доступу: <https://dl.tntu.edu.ua/index.php>