

2	ПРН7. Уміння виконувати аналіз інженерних продуктів, процесів і систем за встановленими критеріями, обирати і застосовувати найбільш придатні аналітичні, розрахункові та експериментальні методи для проведення досліджень, інтерпретувати результати досліджень.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження	Лекція, практичне заняття	ФК2 ФК4 ФК5 ФК8 ФК9 ФК10 ФК15
3	ПРН10. Уміння проектувати і розробляти інженерні продукти, процеси та системи метрологічної спрямованості, обирати і застосовувати методи комп'ютеризованих експериментальних досліджень.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження	Лекція, практичне заняття	ФК2 ФК5 ФК6 ФК8 ФК9
4	ПРН12. Володіння сучасними методами та застосованими/розробленими методиками проектування і дослідження, а також аналізу отриманих результатів.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження	Лекція, практичне заняття	ФК4 ФК5 ФК6 ФК8 ФК15
5	ПРН16. Вміння застосовувати апаратні та програмні засоби сучасних інформаційних технологій для вирішення задач в сфері метрології та інформаційно-вимірювальної техніки.	Обговорення під час занять, тематичне дослідження	Лекція, практичне заняття	ФК1 ФК5 ФК6 ФК8 ФК9 ФК11

16) Форми занять та їх тривалість (кількість годин)

Лекція	Практичне заняття	Лабораторні заняття	Курсовий проект/ курсова робота РГР/Контрольна робота	Самостійна робота аспіранта
Семестр 3 – 24 Семестр 4 – 24	Семестр 3 – 12 Семестр 4 – 12	-	-	Семестр 3 – 24 Семестр 4 – 24

Зміст: (окремо для кожної форми занять - Л/Пр/Лаб/ КР/СР)

Лекції:

Семестр 3

1. Загальна характеристика методів і засобів вимірювання електричних і магнітних величин.
2. Класифікація засобів вимірювання електричних і магнітних величин. Порівняння аналогових і цифрових засобів вимірювання.
3. Дискретизація, квантування та цифрове кодування вимірювальних сигналів.
4. Класифікація і метрологічні параметри аналого-цифрових перетворювачів (АЦП).
5. Швидкодійні АЦП і АЦП середньої швидкості.
6. Прецизійні АЦП.
7. Класифікація і метрологічні параметри цифро-аналогових перетворювачів.
8. Методи вимірювання активних електричних величин. Цифрові вольтметри постійного струму.
9. Цифрові вольтметри і амперметри змінного струму. Векторні вольтметри.
10. Методи вимірювання частоти і періоду сигналів. Цифрові частотоміри.
11. Методи і засоби цифрового вимірювання різниці фаз.

12. Методи вимірювання магнітних величин. Засоби вимірювання характеристик постійних магнітних полів.
13. Випробування феромагнітних матеріалів. Визначення статичних і динамічних магнітних характеристик.
14. Сучасні тенденції розвитку засобів вимірювання магнітних величин і засобів метрологічного забезпечення цих вимірювань.

Семестр 4

15. Сучасні методи вимірювання пасивних електричних величин. Класифікація.
16. Вимірювання пасивних величин на змінному струмі. Форми подання результату вимірювання. Схеми заміщення об'єкта вимірювання.
17. Вимірвальні кола прямого перетворення. Вимірвальні кола врівноваження - мости змінного струму. Врівноважені, неуврівноважені, квазірівноважені мости.
18. Трансформаторні мости для вимірювання імітансу. Мостові кола порівняння струмів, порівняння напруг. Режим граничного узгодження.
19. Процес зрівноважування, лінії врівноваження (годографи). Методи зрівноваження (фазовий, амплітудний, модуляційні (варіаційні), екстраполяційні).
20. Аналітичні моделі вимірвальних кіл і каналів: графічні, математичні, векторні. Функції перетворення, передаточні функції.
21. Умови рівноваги мостових кіл; діаграми зрівноважування. Похибки зрівноважування, зв'язок контурів регулювання. Дослідження чутливості, похибок, частотних характеристик вимірвальних кіл на їх аналітичних моделях.
22. Комбіновані методи вимірювань параметрів імітансу; диференційні методи вимірювань; структурні та алгоритмічні методи корекції похибок.
23. Застосування мостових схем для перетворення сигналів імпедансних сенсорів.
24. Варіаційні методи корекції похибок вимірювання пристроїв на операційних підсилювачах. Варіаційна компенсація впливу неінформативних імітансів у мостах змінного струму.
25. Сучасні тенденції розвитку засобів електричних вимірювань; уніфікація та модульний принцип побудови апаратних та програмних засобів; методи розширення функціональних можливостей, підвищення точності та швидкодії приладів.
26. Первинні еталони пасивних електричних величин, їх метрологічні характеристики. Вторинні еталони, схеми передачі розмірів пасивних електричних величин. Нові тенденції в створенні засобів метрологічного забезпечення вимірювання пасивних електричних величин.
27. Вторинні вимірвальні перетворювачі для роботи з ємнісними сенсорами.
28. Методи і засоби вимірювання характеристик електроенергетичного обладнання.

Практичні заняття

Семестр 3

1. Розробка схем перетворювачів пасивних електричних величин на електричну напругу методами прямого перетворення.
2. Розробка схем мостових перетворювачів пасивних електричних величин на електричну напругу.
3. Розрахунки похибок перетворювачів параметрів імпедансу.
4. Експериментальні дослідження метрологічних характеристик перетворювачів параметрів імпедансу.
5. Вивчення структур та дослідження функціонування і фазових похибок цифрових генераторів тестових і опорних сигналів імпедансометричних каналів.
6. Проектування схем вторинних перетворювачів для імпедансних сенсорів.
7. Вивчення структури та дослідження функціонування каналу вимірювання параметрів імпедансу з мостовим вимірвальним колом.
8. Дослідження впливу неінформативних параметрів імпедансних сенсорів на результати перетворень.

Семестр 4.

9. Проектування ємнісного вимірвального перетворювача лінійних відстаней.

10. Експериментальне визначення статичних похибок ємнісного вимірвального перетворювача лінійних відстаней.
11. Визначення динамічної похибки ємнісного вимірвального перетворювача лінійних відстаней.
12. Метрологічні характеристики вимірвальних трансформаторів змінної напруги.
13. Метрологічні характеристики вимірвальних трансформаторів змінної напруги.
14. Визначення похибок непрямих вимірювань діагностичних параметрів електроенергетичного обладнання (4 год.).

Самостійна робота

Семестр 3

1. Методи вимірювання активних електричних величин.
2. Аналого-цифрові та цифро-аналогові перетворювачі.
3. Методи вимірювання величин частотно-часової групи.
4. Методи вимірювання магнітних величин.

Семестр 4

1. Вимірвальні перетворювачі з ємнісними сенсорами.
2. Вимірювання пасивних електричних величин з використанням мостів змінного струму.
3. Вимірювання діагностичних параметрів електроенергетичного обладнання.
4. Цифрові інтерфейси.
5. Варіаційні методи корекції похибок.

17) Семестр 3 – залік Семестр 4 -іспит.

18) Основна література:

1. Карандеев Л.Б. Мостовые методы измерений: теория и расчет электроизмерительных мостовых схем. Киев: Гостехиздат УССР, 1953. 247 с.
2. Карандеев К.Б. Специальные методы электрических измерений. Москва- Ленинград: Госэнергоиздат, 1963. 344 с.
3. Карандеев К.Б., Штаббергер Г.А. Обобщенная теория мостовых цепей переменного тока. Новосибирск: Издательство Сибирского отд. АН СССР, 1961. 244 с.
4. Гриневич Ф.Б. Автоматические мосты переменного тока. Новосибирск: Издательство Сибирского отд. АН СССР, 1964. 215 с.
5. Трансформаторные измерительные мосты / Гриневич Ф.Б., Грохольский А.Л., Соболевский К.М., Цапенко М.П. Москва: Энергия, 1970. 280 с.
6. Новик А.И. Системы автоматического уравнивания цифровых экстремальных мостов переменного тока. Київ: Наукова думка, 1983. 222 с.
7. Гриневич Ф.Б., Сурду М.Н. Высокоточные вариационные измерительные системы переменного тока. Київ: Наукова думка, 1989. 192 с.
8. Туз Ю.М. Структурные методы повышения точности измерительных устройств. Київ: Вища школа, 1976. 266 с.
9. Сурду М.Н., Монастирський З.Я. Варіаційні методи підвищення точності вимірювачів імітансу. Київ: Ін-т електродинаміки НАН України, 2015. 385 с.

19) Додаткова література:

1. Походило Є.В., Хома В.В., Вимірювачі CLR з перетворенням «імітанс-напруга». Львів: Нац. Ун-т «Львівська політехніка», 2011. 292 с.
2. Основи метрології та електричних вимірювань. Обозовський С.С. Елементи теорії многочленних похибок засобів вимірювань: підручник / В.В.Кухарчук, В.С.Кучерук, Є.Т.Володарський, В.В.Грабо. Вінниця: ВНТУ, 2012. 522с.

3. Zaitsev Ie., Levytskyi A. Hybrid electro-optic capacitive sensors for the fault diagnostic system of power hydrogenerator. Clean Generators - Advances in Modeling of Hydro and Wind Generators : монографія/ за ред. Dr. A. Ebrahimi. 185 p.: Intechopen, 2020, P. 25-42. DOI: 10.5772/intechopen.77988.

4. Kyrylenko O., Zharkin A. and other. Power systems research and operation: Selected Problems/ editors: Springer, 2021. DOI: 10.1007/978-3-030-82926-1.

5. Зайцев Є., Кучанський В., Гунько І. Підвищення експлуатаційної надійності та ефективності роботи електричних мереж та електроустановка. Вінниця: ГО «Європейська наукова платформа», 2021. 156 с. DOI: <https://doi.org/10.36074/penereme-monograph.2021>.

6. Походило Є.В., Столярчук П.Г. Імітансний контроль якості. Львів: Видавництво Видавництво Львівської політехніки, 2012. 161 с.

20) Робоче навантаження студента, необхідне для досягнення результатів навчання

№	Форма занять	Кількість годин аудиторні/ СРС
1.	Лекція	48/24
2.	Практичне заняття	24/24
3.	Лабораторні заняття	-
4.	КП/КР/РГР/Сам.роб.	48
5.	Форма контролю	заліки, екзамен
	Всього годин	72/48

22) Сума всіх годин:	120
23) Загальна кількість кредитів ЕСКД	4
24) Кількість годин (кредитів ЕСКД) аудиторного навантаження:	72(2,4)
25) Кількість необхідних годин (кредитів ЕСКД) СР для забезпечення аудиторного навантаження:	48(1,6)
26) Кількість годин СР (кредитів ЕСКД), забезпечених навчальним планом:	48(1,6)
27) Примітки:	

Складено:



д.т.н., с.н.с. В.Г. Мельник



к.т.н., с.н.с. П.І. Борщов

Затверджено:
гарант освітньо-наукової програми



М.В. Мислович