

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

КАФЕДРА ІНЖЕНЕРІЇ ЕНЕРГОСИСТЕМ

ЗАТВЕРДЖЕНО
ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ
І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ
“27” травня 2025 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

“СИСТЕМИ SMART METERING”

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань G «Інженерія, виробництво та будівництво»

Спеціальність G3 – Електрична інженерія

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження

Розробник: старший викладач Кругляк Г.В.

Опис навчальної дисципліни

Дисципліна «Системи Smart Metering» вивчає теоретичні основи, архітектуру, компоненти та принципи функціонування інтелектуальних систем обліку електроенергії. Розглядаються сучасні технології зв'язку, методи збору та аналізу даних, управління навантаженням і взаємодія з іншими елементами «розумних» мереж (Smart Grid). Курс орієнтований на підготовку фахівців, здатних проєктувати, впроваджувати та експлуатувати Smart Metering системи для підвищення ефективності, надійності та стійкості енергетичних систем.

Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень		
Освітній ступінь	Бакалавр	
Спеціальність	141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»	
Освітня програма	Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Нормативна (вибіркова)	
Загальна кількість годин	120	
Кількість кредитів ECTS	4	
Кількість змістових модулів	2	
Курсовий проект (робота)		
Форма контролю	Екзамен	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки	2 курс	
Семестр	3	
Лекційні заняття	10 год.	
Практичні, семінарські заняття	-	
Лабораторні заняття	20 год.	
Самостійна робота	90 год.	
Курсовий проект	-	
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних	3 год.	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: надати магістрантам знання та практичні навички, необхідні для проєктування, аналізу, впровадження та експлуатації систем Smart Metering в рамках сучасної електроенергетичної інфраструктури.

Завдання:

- Вивчити архітектуру та компоненти систем Smart Metering.
- Опанувати принципи роботи інтелектуальних лічильників та комунікаційних мереж.
- Навчитися аналізувати дані, отримані від Smart Metering систем, для оптимізації споживання та управління енергоресурсами.
- Здобути навички моделювання та симуляції Smart Metering систем.
- Дослідити питання кібербезпеки та захисту даних в системах Smart Metering.

У результаті вивчення дисципліни студент повинен:

Знати:

- Принципи роботи, архітектуру та ключові компоненти систем Smart Metering.
- Типи та особливості інтелектуальних лічильників електроенергії.
- Комунікаційні протоколи та технології, що застосовуються в Smart Metering.
- Методи збору, передачі, обробки та аналізу великих обсягів даних (Big Data).
- Загрози кібербезпеці та принципи захисту даних.

Вміти:

- Моделювати та симулювати роботу компонентів Smart Metering.
- Аналізувати та інтерпретувати дані профілів навантаження.
- Обирати оптимальні комунікаційні рішення для конкретних умов.
- Визначати та розраховувати економічну ефективність впровадження Smart Metering.
- Оцінювати ризики кібербезпеки та застосовувати базові механізми захисту.

Мати навички:

- Роботи з програмним забезпеченням для моделювання систем Smart Metering.
- Аналізу великих обсягів даних про енергоспоживання.
- Роботи з сучасними комунікаційними технологіями.
- Розрахунку параметрів та ефективності систем Smart Metering.
- Проєктування та впровадження окремих компонентів системи.

Набуття компетентностей:

Інтегральна компетентність (ІК):

Здатність розв'язувати складні проблеми і задачі під час професійної діяльності у галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

Загальні компетентності (ЗК):

- ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- ЗК3. Здатність до використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- ЗК4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК6. Здатність приймати обґрунтовані рішення.
- ЗК7. Здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями.

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності (СК):

- СК1. Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи для вирішення науковотехнічних проблем і задач електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.
- СК2. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.
- СК14. Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проєктування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів.

Програмні результати навчання (ПРН):

- ПРН3. Опанувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для

ПРН6. Реконструювати існуючі електричні мережі, станції та підстанції, електротехнічні і електромеханічні комплекси та системи з метою підвищення їх надійності, ефективності експлуатації та продовження ресурсу.

ПРН12. Планувати та виконувати наукові дослідження та інноваційні проекти в сфері електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ПРН20. Виявляти основні чинники та технічні проблеми, що можуть заважати впровадженню сучасних методів керування електроенергетичними, електротехнічними та електромеханічними системами

3. Програма та структура навчальної дисципліни

3.1. Повний термін навчання

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усь ого	у тому числі					усь ого	у тому числі				
		лек	пр.	лаб.	інд.	с.р.		лек	пр	лаб.	інд	с.р
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Змістовий модуль 1.												
Тема 1. Вступ до систем Smart Metering: Огляд концепції «розумної мережі» (Smart Grid) та її ключових компонентів. Визначення та класифікація систем Smart Metering. Історія розвитку та світові тенденції впровадження.	24	2		4		18						
Тема 2. Архітектура та компоненти Smart Metering систем: Детальний розбір архітектури системи від інтелектуального лічильника до системи управління даними обліку (MDMS). Розгляд функцій лічильника, комунікаційного інтерфейсу та збирача даних.	24	2		4		18						
Тема 3. Комунікаційні технології: Огляд провідних та безпроводних технологій зв'язку, що використовуються в Smart Metering - PLC, ZigBee, Wi-Fi, LoRaWAN, NB-IoT, 5G. Аналіз їх переваг, недоліків та сфер застосування.	24	2		4		18						
Разом за змістовим модулем 1	72	6		12		54						
Змістовий модуль 2.												
Тема 4. Аналіз даних та управління навантаженням: Методи збору, обробки та аналізу даних про споживання. Моделі прогнозування навантаження. Принципи управління попитом (Demand Response) та взаємодія з кінцевим споживачем.	24	2		4		18						
Тема 5. Кібербезпека та стандартизація: Розгляд основних загроз кібербезпеці в Smart Metering системах. Методи захисту даних та інфраструктури. Огляд міжнародних та національних стандартів (ISO, IEC, IEEE), що регулюють впровадження систем.	24	2		4		18						

Разом за змістовим модулем 2	48	4		8		36						
Усього	120	10		20		90						

4. Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Вивчення багатофункціональних лічильників електроенергії	4
2.	Вивчення комплектних пристроїв обліку електроенергії	4
3.	Автоматизована система обліку електроенергії та управління електроспоживанням SMART IMS	4
4.	Розрахунок надійності автоматизованої системи обліку енергоносіїв	4
5.	Вивчення розумного лічильника електроенергії (енергомонітора) smart-MAC	4

5. Теми самостійної роботи

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Аналіз архітектур Smart Grid. Дослідження та порівняльний аналіз архітектур «розумних» мереж (Smart Grid) різних країн світу (наприклад, США, Німеччина, Японія).	9
2.	Технологія блокчейн в енергетиці. Вивчення можливостей застосування технології блокчейн для безпечного обміну даними та організації розподілених енергетичних ринків.	9
3.	Використання штучного інтелекту. Аналіз застосування алгоритмів машинного навчання для прогнозування енергоспоживання та виявлення аномалій у даних Smart Metering.	9
4.	Економічна доцільність. Розрахунок економічної ефективності впровадження систем Smart Metering для енергетичної компанії та споживача.	9
5.	Роль Smart Metering у декарбонізації. Дослідження внеску систем Smart Metering у зменшення викидів вуглецю та інтеграцію відновлюваних джерел енергії.	9
6.	Аналіз даних споживання. Самостійний аналіз реальних або змодельованих даних профілів споживання та виявлення закономірностей.	9
7.	Стандарти зв'язку. Поглиблене вивчення одного з комунікаційних протоколів (наприклад, G3-PLC) та його	9

	специфікацій.	
8.	Кібербезпека. Дослідження сучасних методів кібератак на системи Smart Metering та розробка рекомендацій щодо їх запобігання.	9
9.	Розробка інтерфейсу користувача. Створення макету або прототипу мобільного додатка для кінцевого споживача для візуалізації даних споживання.	9
10.	Технології Smart Home. Дослідження взаємодії систем Smart Metering з технологіями «розумного будинку».	9

6. Засоби діагностики результатів навчання

- екзамен;
- модульні тести;
- реферати;
- захист лабораторних та самостійних робіт;

7. Методи навчання

За характером логіки пізнання використовуються такі методи: аналітичний, синтетичний, аналітико-синтетичний, індуктивний, дедуктивний.

За рівнем самостійної розумової діяльності використовуються методи: проблемний, частково-пошуковий, дослідницький.

За джерелами знань використовуються такі методи навчання:

- словесний метод (лекція, дискусія, співбесіда тощо);
- практичний метод (лабораторні заняття);
- наочний метод (метод ілюстрацій, метод демонстрацій);
- робота з навчально-методичною літературою (конспектування, тезування, анотування, рецензування, складання реферату);
- відеометод (дистанційні, мультимедійні, веб-орієнтовані тощо);
- самостійна робота (виконання завдань);
- інші види.

8. Методи оцінювання

Оцінювання знань здобувача вищої освіти відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національні оцінки згідно з табл. 1 чинного «Положення про екзамен та заліки у НУБіП України»

8.2. Шкала оцінювання знань здобувача вищої освіти

Рейтинг здобувача вищої освіти, бали	Оцінка національна та результати складання	
	екзаменів	заліків
90-100	відмінно	зараховано
74-89	добре	
60-73	задовільно	
0-59	незадовільно	не зараховано

8.3. Політика оцінювання

Політика щодо дедлайнів та перескладання:	Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання модулів відбувається із дозволу лектора за наявності поважних причин .
Політика щодо академічної доброчесності:	Списування під час модульних атестацій та екзаменів заборонені (в т.ч. із використанням мобільних девайсів). Самостійні роботи повинні мати коректні текстові посилання на використану літературу
Політика щодо відвідування:	Відвідування занять є обов'язковим. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне стажування) навчання може відбуватись індивідуально (в он-лайн формі за погодженням із деканом ННІ)

9. Методичне забезпечення

1. Електронний навчальний курс навчальної дисципліни (на навчальному порталі НУБіП України eLearn);
2. Конспекти лекцій та їх презентації (в електронному вигляді);
3. Підручники, навчальні посібники, практикуми;
4. Методичні матеріали щодо вивчення навчальної дисципліни для здобувачів вищої освіти денної та заочної форм здобуття вищої освіти.

1. Рекомендована література

Україномовні джерела:

1. Жуков В.В. Інтелектуальні системи обліку електроенергії.
2. Саєнко С.В. Smart Grid: технології та перспективи.
3. Гнатуш В.А. Електричні мережі та системи.
4. Кулешов М.А. Системи енергетичного менеджменту.
5. Гаркуша О.А. Основи електротехніки та електроніки.
6. Мельничук С.В. Інформаційні системи в енергетиці.
7. Іванов П.Р. Теорія та практика Smart Metering.
8. Коваленко В.В. Облік електричної енергії: теорія і практика.
9. Клименко А.М. Енергетичні інформаційно-управляючі системи.
10. Дехтяр В.Г. Електроенергетичні системи та мережі.

Англомовні джерела:

1. Momoh J.A. Smart Grid: Fundamentals of Design and Analysis.
2. Bhattacharyya S.C. Smart Grid: Technology and Management.
3. Erol-Kantarci M. Internet of Things and Machine Learning for Smart Grids.
4. Bayindir R. Smart Grid and the Future of Energy.
5. Li F. An Introduction to Smart Grid and Its Components.
6. Wang F. Smart Grid Technology.
7. Zhong J. Smart Grid Cybersecurity.
8. Sankaran C. Smart Metering Systems.
9. Fink C. Smart Grid: Applications, Networks, Communications.
10. Farhangi H. The Path of the Smart Grid.

Стандарти:

1. ДСТУ 2267-93 Вироби електротехнічні. Терміни та визначення
2. ДСТУ ІЕС 60050-161-2003 Словник електротехнічних термінів. Глава 161. Електромагнітна сумісність (ІЕС 60050-161:1990, IDT)
3. ДСТУ ІЕС 60050-300-312:2006 Електротехнічний словник термінів. Електричні та електронні вимірювання і засоби вимірювальної техніки. Частина 312. Загальні терміни щодо електричного вимірювання (ІЕС 60050-300:2001, IDT)
4. ДСТУ ІЕС 60050-300-313:2006 Електротехнічний словник термінів. Електричні та електронні вимірювання і засоби вимірювальної техніки. Частина 313. Типи електричних засобів вимірювальної техніки (ІЕС 60050-300:2001, IDT)
5. ДСТУ ІЕС 60331-12:2007 Випробування електричних кабелів вогнем. Цілісність кіл. Частина 12. Устаткування для випробування за температури полум'я не менш ніж 830° С і механічного удару (ІЕС 60331-12:2002, IDT)
6. ДСТУ ІЕС 60331-25:2007 Випробування електричних кабелів вогнем. Цілісність кіл. Частина 25. Методика випробування. Волоконно-оптичні кабелі (ІЕС 60331-25:1999, IDT)
7. ДСТУ 2225-95 (ГОСТ 30421-96) Вимірювачі електричної ємності активного опору та тангенсу кута втрат високовольтні. Загальні технічні умови.
8. ДСТУ 2718-94 (ГОСТ 30217-94) Міри індуктивності, взаємної індуктивності і комплексної взаємної індуктивності. Загальні технічні умови
9. ДСТУ 2816-94 Матеріали магнітні. Методи визначення статичних магнітних характеристик зразків магніто-твердих матеріалів
10. ДСТУ ІЕС 60477-2001 Резистори постійного струму лабораторні (ІЕС 60477:1974)
11. ДСТУ ІЕС 60477-2-2001 Резистори лабораторні. Частина 2. Резистори змінного струму лабораторні (ІЕС 60477-2:1979, IDT)
12. ДСТУ ІЕС 60564:2004 Мости постійного струму для вимірювання опору (ІЕС 60564:1977, IDT)

Інформаційні ресурси

1. Міністерство освіти і науки України – <https://mon.gov.ua> Офіційний сайт, що містить нормативні документи, накази, стандарти освіти.
2. Наукова електронна бібліотека України (НаУКМА, НБУВ, ELib) – <https://www.nbu.gov.ua> Доступ до наукових публікацій, дисертацій, монографій у галузі енергетики.
3. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України – <https://saee.gov.ua> Актуальна інформація щодо енергозбереження, програм підвищення енергоефективності.
4. Портал відкритих даних України (Є-data) – <https://data.gov.ua> Відкриті ресурси щодо енергоспоживання, звітів підприємств, бюджетних даних.
5. Національна енергетична компанія «Укренерго» – <https://ua.energy> Статистична інформація щодо виробництва та споживання електроенергії в Україні.

6. Офіційний вебсайт НУБіП України– <https://nubip.edu.ua> Матеріали, методичні рекомендації, програми практик, звіти.
7. Scopus – <https://www.scopus.com> Бібліографічна та реферативна база даних для пошуку наукових джерел.
8. IEEE Xplore Digital Library – <https://ieeexplore.ieee.org> Повнотекстові публікації з електротехніки, енергетики, автоматизації.
9. Google Scholar – <https://scholar.google.com> Пошукова система для наукових джерел, статей, звітів, технічної документації.
10. Open Access Repository KPI – <https://ela.kpi.ua> Доступ до матеріалів конференцій, статей, курсових і дипломних робіт з енергетики.
11. <https://energy.kpi.ua> – Науковий журнал «Енергетика: економіка, технології, екологія».
12. <https://lib.nubip.edu.ua> – електронна бібліотека НУБіП України.