

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ННІ

_____Віктор КАПЛУН

" ____ " _____ 2026 р.

СХВАЛЕНО

на засіданні кафедри

Інженерії енергосистем

Протокол № ____ від " ____ " _____ 2026 р.

Завідувач кафедри

_____Євген АНТИПОВ

РОЗГЛЯНУТО

Гарант ОП «Цифрова інженерія та автоматизація електроенергетичних систем (Digital engineering and automation of electric power systems)»

_____Павленко Володимир Миколайович

**РОБОЧА ПРОГРАМА
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ЦИФРОВІ СИСТЕМИ РЕЛЕЙНОГО
ЗАХИСТУ ТА АВТОМАТИКИ**

Галузь знань G Інженерія, виробництво та будівництво

Спеціальність G3 Електрична інженерія

Освітня програма Цифрова інженерія та автоматизація електроенергетичних систем
(Digital engineering and automation of electric power systems)

ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження

Розробник: Лендєл Т.І., к.т.н., доцент, Павленко В.М., к.т.н., доцент

Київ - 2026 р.

Опис навчальної дисципліни

Дисципліна присвячена вивченню технологій проєктування, впровадження та експлуатації кіберфізичних систем і мереж промислового Інтернету речей (IIoT) на об'єктах розподільної енергетики та Smart Grid . Магістранти вивчають архітектуру сучасних інтелектуальних систем збору та опрацювання телеметричних даних . Особлива увага приділяється апаратному Edge-рівню (розумні сенсори, мікроконтролери, промислові шлюзи), промисловим протоколам і бездротовим стандартам зв'язку (MQTT, OPC UA, LoRaWAN, NB-IoT), а також інтеграції IIoT із хмарними платформами та базами даних часових рядів (Time-Series DB) . Невід'ємною складовою є вивчення методів кіберзахисту промислових мереж та аналізу даних для предиктивного обслуговування обладнання

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній ступінь

Освітній ступінь	Другого (магістерського) ОП
Галузь знань	G Інженерія, виробництво та будівництво
Спеціальність	G3 Електрична інженерія
Освітня програма	Цифрова інженерія та автоматизація електроенергетичних систем (Digital engineering and automation of electric power systems)
Факультет/ННІ	ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження

Характеристика навчальної дисципліни

Вид	Обов'язкова
Загальна кількість годин	120
Кількість кредитів ECTS	4
Кількість змістових модулів	3
Курсовий проект (робота) (за наявності)	-
Форма контролю	Екзамен

Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм здобуття вищої освіти (повний термін навчання)

	Форма здобуття вищої освіти	
	денна	заочна
Курс (рік підготовки)	1	-

	Форма здобуття вищої освіти	
	денна	заочна
Семестр	2	-
Лекційні заняття	30 год.	-
Лабораторні роботи	15 год.	-
Практичні, семінарські заняття	15 год.	-
Самостійна робота	60 год.	-
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми здобуття вищої освіти	4 год.	-
Форма контролю	Екзамен	-

Мета, компетентності та програмні результати навчальної дисципліни

Мета: Основна мета вивчення обов'язкової фахової дисципліни ОК 10 «Цифрові системи релейного захисту та автоматики» полягає у формуванні у магістрантів комплексних теоретичних знань і жорстких практичних навичок (hard skills) із проектування, впровадження, програмування та експлуатації кіберфізичних систем і мережеских рішень на базі технологій ІІТ в енергетичній галузі . Освоєння курсу спрямоване на розвиток здатності моделювати, проектувати та експлуатувати технології «розумних мереж» (Smart Grid), мікромереж (Microgrid), цифрові підстанції та системи інтелектуального обліку на основі промислового Інтернету речей та сучасних мережеских протоколів . Дисципліна покликана навчити здобувачів розробляти та професійно володіти спеціалізованим прикладним програмним забезпеченням для пристроїв ІІТ та Edge-шлюзів для реалізації функцій автоматизованого керування й моніторингу . Здобувачі мають оволодіти методами збору, обробки, візуалізації та критичного аналізу великих масивів інформації (Big Data) з різних розподілених джерел, включаючи бази даних SCADA та телеметрію ІІТ . Важливою складовою мети є навчання принципам забезпечення кібербезпеки та інформаційного захисту ІІТ-інфраструктури від несанкціонованого втручання для підвищення загальної кіберфізичної стійкості енергетичних мереж

Перелік навчальних дисциплін, які передують вивченню «Цифрові системи релейного захисту та автоматики» (за їх наявності) ОК1 Методологія наукових досліджень, ОК2 Ділова іноземна мова, ОК4 Енергетична безпека , ОК5 Моделювання регіональних енергосистем, ОК6 Електромагнітна сумісність та якість електроенергії, ОК7 Управління надійністю ЕЕС

Набуття компетентностей

ЗКЗ — Здатність до використання сучасних інформаційних і комунікаційних технологій.

СК5 — Здатність забезпечувати інформаційну безпеку та оцінювати ризики електроенергетичної інфраструктури в умовах кризових ситуацій та повоєнного відновлення (G3 + G7).

СК8 — Здатність розробляти функціональну, технічну та інформаційну структуру комп'ютерно-інтегрованих систем управління із застосуванням промислових контролерів, мережевих технологій та Інтернету речей (IoT) (G7).

Програмні результати навчання

ПРН5 — Розробляти та професійно володіти спеціалізованим прикладним програмним забезпеченням (зокрема для програмованих логічних контролерів та пристроїв Інтернету речей – IoT) для реалізації функцій керування та моніторингу (G7).

ПРН6 — Здійснювати кіберзахист, забезпечувати інформаційну безпеку та оцінювати ризики критичної електроенергетичної інфраструктури для забезпечення енергостійкості в умовах кризових ситуацій та повоєнного відновлення (G3 + G7).

ПРН9 — Збирати, обробляти та критично аналізувати великі масиви даних з різних джерел (включаючи телеметрію SCADA/IoT), застосовуючи сучасні інформаційно-комунікаційні технології (G7).

Програма та структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин (денна форма)						Кількість годин (заочна форма)					
	л	лаб	сем	п	с.р.	усього	л	лаб	сем	п	с.р.	усього
Модуль 1. Архітектура та апаратна база ІоТ в електроенергетиці												
Тема 1. Вступ до концепції Промислового Інтернету Речей (ІоТ). (2 год) Визначення та архітектурні рівні ІоТ (Edge, Fog, Cloud) . Глибоке порівняння ІоТ з побутовим ІоТ. Роль кібер-енергетичних систем як рушія інновацій в електроенергетиці, їхнє місце в реалізації концепцій Smart Grid та Internet of Energy (IoE)	2	-	-	-	4	6	-	-	-	-	-	-

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин (денна форма)						Кількість годин (заочна форма)					
	л	лаб	сем	п	с.р.	усього	л	лаб	сем	п	с.р.	усього
Тема 2. Розумні сенсори та інтелектуальні системи вимірювання. (2 год) Класифікація та фізичні принципи роботи розумних давачів (Smart Sensors) струму, напруги та температури . Пристрої синхронізованих векторних вимірювань (PMU) . Інфраструктура інтелектуального обліку електроенергії (Smart Metering / AMI) .	2	4	-	4	4	14	-	-	-	-	-	-
Тема 3. Апаратна інфраструктура периферійного рівня (Edge-рівень). (2 год) Промислові мікроконтролери та Edge-шлюзи (Gateways) . Концепція периферійних обчислень (Edge Computing) безпосередньо біля обладнання . Вибір апаратних засобів за технічними характеристиками з урахуванням складних умов експлуатації підстанцій	2	-	-	-	3	5	-	-	-	-	-	-
Тема 4. ПоТ у системах відновлюваної енергетики та накопичення енергії. (2 год) Особливості застосування технологій ПоТ для моніторингу та управління фотоелектричними станціями (СЕС), вітрогенераторами (ВЕС) та промисловими системами акумулювання енергії (BESS)	2	2	-	2	3	9	-	-	-	-	-	-
Тема 5. Моделювання та симуляція IoT-систем в інженерній практиці. (2 год) Застосування імітаційного програмного забезпечення для проєктування та дослідження мереж. Практичні можливості та інструментарій середовища Cisco Packet Tracer для симуляції IoT-пристроїв	2	-	-	-	8	10	-	-	-	-	-	-
Разом за модулем 1	10	6	0	6	22	44	-	-	-	-	-	-

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин (денна форма)						Кількість годин (заочна форма)					
	л	лаб	сем	п	с.р.	усього	л	лаб	сем	п	с.р.	усього
Модуль 2. Комунікаційні технології, мережеві протоколи та інформаційний захист												
Тема 1. Енергоефективні бездротові мережі великого радіусу дії. (2 год) Технології бездротового зв'язку низького енергоспоживання (LPWAN) . Архітектура, топологія та принципи передачі даних у стандартах LoRaWAN, NB-IoT та ZigBee для розосереджених об'єктів мікромереж (Microgrid)	2	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
Тема 2. Легковагові протоколи прикладного рівня: MQTT. (2 год) Протокол MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) . Архітектура «Видавець-Підписник» (Publisher-Subscriber). Структура топіків, рівні якості обслуговування (QoS) та налаштування MQTT-брокера	2	2	-	-	4	8	-	-	-	-	-	-
Тема 3. Протоколи CoAP та AMQP в промисловій автоматизації. (2 год) Специфіка використання протоколів CoAP (Constrained Application Protocol) та AMQP (Advanced Message Queuing Protocol). Порівняльний аналіз пропускної спроможності та надійності при передачі критичної телеметрії в реальному часі	2	-	-	2	3	7	-	-	-	-	-	-
Тема 4. Системна інтеграція IoT з класичними промисловими мережами. (2 год) Шлюзування та обмін даними між пристроями IoT та класичними протоколами підстанцій і контролерів (Modbus RTU/TCP, OPC UA) . Побудова єдиного інформаційного простору між технологічним (OT) та корпоративним (IT) рівнями підприємства	2	2	-	-	3	7	-	-	-	-	-	-

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин (денна форма)						Кількість годин (заочна форма)					
	л	лаб	сем	п	с.р.	усього	л	лаб	сем	п	с.р.	усього
Тема 5. Безпека комунікаційного рівня та апаратний кіберзахист. (2 год) Вразливості промислових мереж та пристроїв ПоТ . Криптографічний захист каналів зв'язку, шифрування на рівні кінцевих Edge-пристроїв, використання сертифікатів безпеки (TLS/SSL) та налаштування промислових мережевих екранів (Firewalls)	2	-	-	2	8	12	-	-	-	-	-	-
Разом за модулем 2	10	4	0	4	18	36	-	-	-	-	-	-
Модуль 3. Хмарні IoT-платформи, бази даних часових рядів та аналітика												
Тема 1. Хмарні IoT-платформи для агрегації енергетичних даних. (2 год) Архітектура та функціональні можливості сучасних IoT-платформ (на прикладі ThingsBoard, AWS IoT, Microsoft Azure IoT) . Організація хмарного збору та обробки телеметрії	2	3	-	-	3	8	-	-	-	-	-	-
Тема 2. Спеціалізовані бази даних часових рядів (Time-Series DB). (2 год) Особливості збереження великих масивів телеметричних даних (Big Data). Принципи роботи та адміністрування бази даних InfluxDB . Оптимізація SQL-подібних запитів до історичних даних про споживання та генерацію	2	-	-	2	3	7	-	-	-	-	-	-
Тема 3. Побудова людино-машинного інтерфейсу (HMI) та дашбордів. (2 год) Проєктування високоефективних диспетчерських HMI-інтерфейсів за стандартом ISA-101 . Створення інтерактивних дашбордів (Dashboards), налаштування віджетів, графіків навантаження та систем управління аварійними тривогами (Alarm Management)	2	-	-	-	3	5	-	-	-	-	-	-

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин (денна форма)						Кількість годин (заочна форма)					
	л	лаб	сем	п	с.р.	усього	л	лаб	сем	п	с.р.	усього
Тема 4. Технології «цифрових двійників» (Digital Twins) в енергосистемах. (2 год) Концепція побудови цифрових двійників силового обладнання підстанцій (трансформаторів, ліній передачі) . Предиктивне технічне обслуговування (Predictive Maintenance) на основі аналізу великих даних та розумних датчиків у реальному часі	2	2	-	-	8	12	-	-	-	-	-	-
Тема 5. Елементи штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання в ІоТ. (2 год) Застосування штучних нейронних мереж (ANN) та алгоритмів Machine Learning для предиктивного аналізу в енергетиці. Інтелектуальне прогнозування генерації ВДЕ та добових графіків електричного навантаження споживачів	2	-	-	3	3	8	-	-	-	-	-	-
Разом за модулем 3	10	5	0	5	20	40	-	-	-	-	-	-
Курсовий проект (робота)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Усього годин	30	15	0	15	60	120	-	-	-	-	-	-

Теми лекцій

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1. Вступ до концепції (ІоТ). (2 год) Визначення та архітектурні рівні ІоТ (Edge, Fog, Cloud) . Глибоке порівняння ІоТ з побутовим ІоТ. Роль кібер-енергетичних систем як рушія інновацій в електроенергетиці, їхнє місце в реалізації концепцій Smart Grid та Internet of Energy (ІоЕ)	2
2	Тема 2. Розумні сенсори та інтелектуальні системи вимірювання. (2 год) Класифікація та фізичні принципи роботи розумних давачів (Smart Sensors) струму, напруги та температури . Пристрої синхронізованих векторних вимірювань (PMU) . Інфраструктура інтелектуального обліку електроенергії (Smart Metering / AMI) .	2

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
3	Тема 3. Апаратна інфраструктура периферійного рівня (Edge-рівень). (2 год) Промислові мікроконтролери та Edge-шлюзи (Gateways) . Концепція периферійних обчислень (Edge Computing) безпосередньо біля обладнання . Вибір апаратних засобів за технічними характеристиками з урахуванням складних умов експлуатації підстанцій	2
4	Тема 4. IoT у системах відновлюваної енергетики та накопичення енергії. (2 год) Особливості застосування технологій IoT для моніторингу та управління фотоелектричними станціями (СЕС), вітрогенераторами (ВЕС) та промисловими системами акумулювання енергії (BESS)	2
5	Тема 5. Моделювання та симуляція IoT-систем в інженерній практиці. (2 год) Застосування імітаційного програмного забезпечення для проєктування та дослідження мереж. Практичні можливості та інструментарій середовища Cisco Packet Tracer для симуляції IoT-пристроїв	2
6	Тема 6. Енергоефективні бездротові мережі великого радіусу дії. (2 год) Технології бездротового зв'язку низького енергоспоживання (LPWAN) . Архітектура, топологія та принципи передачі даних у стандартах LoRaWAN, NB-IoT та ZigBee для розосереджених об'єктів мікромереж (Microgrid)	2
7	Тема 7. Легковагові протоколи прикладного рівня: MQTT. (2 год) Протокол MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) . Архітектура «Видавець-Підписник» (Publisher-Subscriber). Структура топіків, рівні якості обслуговування (QoS) та налаштування MQTT-брокера	2
8	Тема 8. Протоколи CoAP та AMQP в промисловій автоматизації. (2 год) Специфіка використання протоколів CoAP (Constrained Application Protocol) та AMQP (Advanced Message Queuing Protocol). Порівняльний аналіз пропускнуої спроможності та надійності при передачі критичної телеметрії в реальному часі	2
9	Тема 9. Системна інтеграція IoT з класичними промисловими мережами. (2 год) Шлюзування та обмін даними між пристроями IoT та класичними протоколами підстанцій і контролерів (Modbus RTU/TCP, OPC UA) . Побудова єдиного інформаційного простору між технологічним (OT) та корпоративним (IT) рівнями підприємства	2
10	Тема 10. Безпека комунікаційного рівня та апаратний кіберзахист. (2 год) Вразливості промислових мереж та пристроїв IoT . Криптографічний захист каналів зв'язку, шифрування на рівні кінцевих Edge-пристроїв, використання сертифікатів безпеки (TLS/SSL) та налаштування промислових мережевих екранів (Firewalls)	2

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
11	Тема 11. Хмарні IoT-платформи для агрегації енергетичних даних. (2 год) Архітектура та функціональні можливості сучасних IoT-платформ (на прикладі ThingsBoard, AWS IoT, Microsoft Azure IoT) . Організація хмарного збору та обробки телеметрії	2
12	Тема 12. Спеціалізовані бази даних часових рядів (Time-Series DB). (2 год) Особливості збереження великих масивів телеметричних даних (Big Data). Принципи роботи та адміністрування бази даних InfluxDB . Оптимізація SQL-подібних запитів до історичних даних про споживання та генерацію	2
13	Тема 13. Побудова людино-машинного інтерфейсу (HMI) та дашбордів. (2 год) Проєктування високоефективних диспетчерських HMI-інтерфейсів за стандартом ISA-101 . Створення інтерактивних дашбордів (Dashboards), налаштування віджетів, графіків навантаження та систем управління аварійними тривогами (Alarm Management)	2
14	Тема 14. Технології «цифрових двійників» (Digital Twins) в енергосистемах. (2 год) Концепція побудови цифрових двійників силового обладнання підстанцій (трансформаторів, ліній передачі) . Предиктивне технічне обслуговування (Predictive Maintenance) на основі аналізу великих даних та розумних датчиків у реальному часі	2
15	Тема 15. Елементи штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання в ІоТ. (2 год) Застосування штучних нейронних мереж (ANN) та алгоритмів Machine Learning для предиктивного аналізу в енергетиці. Інтелектуальне прогнозування генерації ВДЕ та добових графіків електричного навантаження споживачів	2
Всього годин		30

Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження апаратної бази Edge-рівня: програмування мікроконтролера ESP32 для зчитування параметрів електричної мережі з цифрових датчиків .	4
2	Реалізація алгоритмів периферійних обчислень (Edge Computing) для попередньої фільтрації та усереднення телеметричних даних	2
3	Налаштування MQTT-брокера Mosquitto та розробка клієнтського ПЗ для передачі телеметрії за архітектурою «Видавець-Підписник»	2
4	Промислова системна інтеграція: конфігурування Modbus TCP / OPC UA шлюзу для обміну даними між РЗА/ПЛК та IoT-мережею	2

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
5	Інтеграція IoT-пристроїв із хмарною платформою ThingsBoard та розробка інтерактивного диспетчерського HMI-дашборду Smart Grid	3
6	Організація збереження та аналізу великих масивів історичних даних енергоспоживання у базі даних часових рядів InfluxDB .	2
Всього годин		15

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розрахунок та інженерний вибір елементів Edge-рівня системи моніторингу ВДЕ та розумних підстанцій.	4
2	Проектування структурно-функціональної схеми збору даних та периферійних обчислень (Edge Computing).	2
3	Розрахунок пропускної спроможності та енергоефективності бездротових каналів зв'язку LPWAN (LoRaWAN / NB-IoT) для Microgrid.	2
4	Складання таблиць адресації та схем шлюзування і трансляції промислових протоколів.	2
5	Проектування диспетчерського HMI-дашборду Smart Grid за стандартом ISA-101 та розрахунок інформаційного навантаження.	2
6	Розрахунок прогностичних моделей деградації обладнання та побудова аналітичних Flux-запитів до баз даних часових рядів.	3
Всього годин		15

Теми самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Опрацювання лекційного матеріалу (Лекції 1–5, обсягом 10 год.)	5
2	Підготовка до практичних і лабораторних робіт (ЛР №1–2, обсягом 5 год.)	12
3	Самостійне опрацювання додаткового розділу (Тема: «Імітаційне моделювання та симуляція IoT-мереж у Cisco Packet Tracer»)	5
4	Опрацювання лекційного матеріалу (Лекції 6–10, обсягом 10 год.	5
5	Підготовка до практичних і лабораторних робіт (№3–4, обсягом по 5 год.)	8
6	Самостійне опрацювання додаткового розділу (Тема: «Криптографічні стандарти TLS/SSL та апаратний кіберзахист Edge-рівня»)	5

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
7	Опрацювання лекційного матеріалу (Лекції 11–15, обсягом 10 год.)	5
8	Підготовка до практичних і лабораторних робіт (№5–6, обсягом 5 год.)	10
9	Самостійне опрацювання додаткового розділу (Тема: «Технології цифрових двійників та моделювання предиктивного обслуговування обладнання»)	5
Всього годин		60

Методи навчання

Методи та засоби діагностики результатів навчання:

- Усне опитування для перевірки теоретичних знань та розуміння ключових концепцій
- Тестування для оцінки рівня засвоєння технічних термінів, протоколів та стандартів
- Практичне завдання або тестування для перевірки навичок роботи з мережевим обладнанням, протоколами та програмним забезпеченням ІІоТ
- Аналіз кейс-стаді для оцінки здатності застосовувати знання у реальних сценаріях
- Поточне оцінювання через виконання лабораторних та практичних робіт
- Модульний контроль з перевіркою знань з окремих модулів курсу
- Фінальний проект або комплексне завдання для оцінки системного підходу та практичних навичок

Методи навчання:

- Лекційні заняття з використанням мультимедійних презентацій та інтерактивних елементів
- Практичні заняття з лабораторним обладнанням та симуляторами для відпрацювання технологій збору та обробки даних
- Моделювання та симуляція мережевих сценаріїв для розуміння роботи протоколів та систем безпеки
- Групові проекти для розробки прототипів систем ІІоТ у енергетиці
- Обговорення кейс-стаді та аналіз реальних прикладів впровадження технологій у промисловій сфері
- Використання платформ для дистанційного навчання та самостійної роботи з матеріалами курсу

Оцінювання результатів навчання

Оцінювання знань здобувача вищої освіти відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національну оцінку згідно чинного «Положення про екзамени та заліки у НУБіП України»

Розподіл балів за видами навчальної діяльності

Вид навчальної діяльності	Результати навчання	Оцінювання
Модуль 1. Архітектура та апаратна база IoT в електроенергетиці		
Лабораторна робота. Дослідження апаратної бази Edge-рівня: програмування мікроконтролера ESP32 для зчитування параметрів електричної мережі з цифрових давачів	ПРН 5, ПРН 6, ПРН 9. Цей модуль спрямований на ознайомлення студентів з апаратною базою Industrial IoT, зокрема з мікроконтролерами ESP32, алгоритмами периферійних обчислень та збором та аналізом телеметричних даних. Студенти здобудуть навички програмування мікроконтролерів, реалізації алгоритмів Edge Computing, а також опанують технології збору та обробки даних з цифрових датчиків для автоматизації електроенергетичних систем.	15
Лабораторна робота. Реалізація алгоритмів периферійних обчислень (Edge Computing) для попередньої фільтрації та усереднення телеметричних даних		15
Практична робота. Розрахунок та інженерний вибір елементів Edge-рівня системи моніторингу ВДЕ та розумних підстанцій.		15
Практична робота. Проектування структурно-функціональної схеми збору даних та периферійних обчислень (Edge Computing).		15
Самостійна робота. Самостійне опрацювання додаткового розділу (Тема: «Імітаційне моделювання та симуляція IoT-мереж у Cisco Packet Tracer»)		20
Модульна контрольна. Архітектура та апаратна база IoT в електроенергетиці		20
Всього за модулем 1		100

Вид навчальної діяльності	Результати навчання	Оцінювання
Модуль 2. Комунікаційні технології, мережеві протоколи та інформаційний захист		
Лабораторна робота. Налаштування MQTT-брокера Mosquitto та розробка клієнтського ПЗ для передачі телеметрії за архітектурою «Видавець-Підписник»	ПРН 6, ПРН 9. Модуль присвячений вивченню мережевих протоколів, налаштуванню систем зв'язку та забезпеченню кіберзахисту промислових IoT-систем. Студенти навчаться налаштовувати MQTT-брокери, конфігурувати шлюзи Modbus TCP та OPC UA, а також опанують основи криптографії та захисту даних для забезпечення безпеки промислових мереж.	15
Лабораторна робота. Промислова системна інтеграція: конфігурування Modbus TCP / OPC UA шлюзу для обміну даними між РЗА/ ПЛК та IoT-мережею		15
Практична робота. Розрахунок пропускної спроможності та енергоефективності бездротових каналів зв'язку LPWAN (LoRaWAN / NB-IoT) для Microgrid.		15
Практична робота. Складання таблиць адресації та схем шлюзування і трансляції промислових протоколів.		15
Самостійна робота. Самостійне опрацювання додаткового розділу (Тема: «Криптографічні стандарти TLS/SSL та апаратний кіберзахист Edge-рівня»)		20
Модульна контрольна. Комунікаційні технології, мережеві протоколи та інформаційний захист		20
Всього за модулем 2		100

Вид навчальної діяльності	Результати навчання	Оцінювання
Модуль 3. Хмарні IoT-платформи, бази даних часових рядів та аналітика		
Лабораторна робота. Інтеграція IIoT-пристроїв із хмарною платформою ThingsBoard та розробка інтерактивного диспетчерського HMI-дашборду Smart Grid	ПРН 5, ПРН 6, ПРН 9. Модуль присвячений інтеграції IoT-пристроїв з хмарними платформами, збереженню та аналізу великих масивів даних. Студенти навчаться працювати з платформою ThingsBoard, організовувати збереження даних у InfluxDB, а також застосовувати аналітичні методи для прогнозування та оптимізації енергоспоживання.	15
Лабораторна робота. Організація збереження та аналізу великих масивів історичних даних енергоспоживання у базі даних часових рядів InfluxDB		15
Практична робота. Проектування диспетчерського HMI-дашборду Smart Grid за стандартом ISA-101 та розрахунок інформаційного навантаження.		15
Практична робота. Розрахунок прогностичних моделей деградації обладнання та побудова аналітичних Flux-запитів до баз даних часових рядів.		15
Самостійна робота. Самостійне опрацювання додаткового розділу (Тема: «Технології цифрових двійників та моделювання предиктивного обслуговування обладнання»)		20
Модульна контрольна. Хмарні IoT-платформи, бази даних часових рядів та аналітика		20
Всього за модулем 3		100

Вид навчальної діяльності	Результати навчання	Оцінювання
Публікація наукової статті одноосібно у фаховому виданні України. Публікація наукової статті у співавторстві з керівником / іншими студентами. Публікація тез доповідей на міжнародній конференції (наприклад, щорічні наукові заходи ННІ ЕАіЕ) Публікація тез на всеукраїнській або університетській конференції. Усна доповідь (презентація результатів дослідження ІоТ) на науковому семінарі кафедри чи конференції. Надання сертифіката про успішне проходження провайдерських онлайн-курсів (наприклад, Coursera, AWS IoT, Cisco Networking Academy, ThingsBoard Academy) обсягом понад 15 годин Проходження короткотермінових воркшопів чи сертифікованих інженерних тренінгів від світових брендів промислового обладнання (Siemens, Schneider Electric, Phoenix Contact). Перемога (I–III місце) у I етапі Всеукраїнської студентської олімпіади чи Конкурсу наукових робіт. Участь у I етапі олімпіади чи профільному хакатоні з розробки ІоТ-рішень. Участь у складі команди університету в хакатонах чи ІТ-кубках з промислової автоматизації.		від 5 до 15 балів
Навчальна робота (разом за семестр)		70
Підсумковий екзамен		30
Разом за курс		100

Шкала оцінювання знань здобувача вищої освіти

Рейтинг здобувача вищої освіти, бали	Оцінка за національною системою (екзамен/залік)
90-100	відмінно
74-89	добре
60-73	задовільно
0-59	незадовільно

Політика оцінювання

Політика щодо дедлайнів та перескладання:	Лабораторні, самостійні та модульні роботи необхідно здавати у заплановані терміни. Перескладання модульних робіт допускається за наявності поважних причин у визначені кафедрою строки.
Політика щодо академічної доброчесності:	Списування, використання сторонніх матеріалів і несанкціонованих пристроїв під час виконання контрольних робіт, заліку або екзамену заборонено.
Політика щодо відвідування:	Відвідування занять є обов'язковим. Пропуски відпрацьовуються згідно з індивідуальним графіком та правилами кафедри.

Навчально-методичне забезпечення

-електронний навчальний курс навчальної дисципліни (на навчальному порталі НУБіП України eLearn - ельорн);

Рекомендовані джерела інформації

1. Опришко О. О., Павленко В. М., Кіктєв М. О., Кругляк Г. В., Пруднікова Н. Д., Москаленко Л. С. Промисловий інтернет речей: навчальний посібник. Київ : НУБіП України, 2026. 259 с. (Базовий посібник, що повністю покриває зміст усіх 3-х змістових модулів робочої програми та розроблений викладачами випускових кафедр).
2. Sladek P., Maryska M., Doucek P. An architectural framework design for a standardised industrial internet of things solution. *Array*. 2026. Vol. 30. 100856. <https://doi.org/10.1016/j.array.2026.100856>
3. Binqadhi H., AlMuhaini M. Cyber–physical power systems resilience: Definition, threats, and assessment. *Energy Reports*. 2026. Vol. 15 .
- 4.
5. Guan X., Sun X., Cao X., Zhai Q., Jia Q. S., Xu Z., Wu J., Liu Y., Huang J., Yang L. Cyber-physical energy system for the energy revolution: A comprehensive solution for system design and operation. *Cyber-Physical Energy Systems*. 2025. Vol. 1, Issue 1. pp. 3-13. <https://doi.org/10.1016/j.cpes.2025.09.003> .
6. Al-Surqi I., Moola P. R., Al-Himali M., Saif Al-Sarhani K. S. H., Al-Qalhati N. K. H., Al-Aghbari A. S. M. S. Cloud based data Analytics and Control of Substation Transformer and Transmission Lines using IoT. *Procedia Computer Science*. 2025. Vol. 258. pp. 712-726. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.04.304>
7. Zare A., Shafie-khah M., Siano P., Lazaroiu G. C. A systematic review of Virtual Power Plant configurations and their interaction with electricity, carbon, and flexibility markets. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2026. Volume 226, Part D. 116448. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2025.116448> .