



Інтелектуальні теплоенергетичні системи та комплекси
Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Третій (освітньо-науковий)
Галузь знань	14 «Електрична інженерія»
Спеціальність	144 «Теплоенергетика»
Освітня програма	
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	2 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	90 годин / 3 кредити ECTS
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен, МКР, ДКР
Розклад занять	
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: докт. техн. наук, професор Басок Борис Іванович, basok@ittf.kiev.ua
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Інтелектуальні теплоенергетичні системи та комплекси» складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки доктора філософії з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Теплоенергетика».

Метою навчальної дисципліни є формування у аспірантів сучасного рівня знань, умінь і навиків у галузі електричної інженерії при застосуванні інтелектуального керування виробництвом, розподілом і споживанням енергії на основі аналізу зовнішніх даних, ситуацій та подій, використання сучасних інформаційних технологій оброблення знань, еволюційних методів і алгоритмів, які потрібні для правильного проектування і експлуатації основного і допоміжного обладнання об'єктів і систем теплоенергетики, а також для розуміння необхідності, можливості і ефективності застосування інтелектуальних автоматичних приладів і пристроїв у системах керування теплопостачанням і теплоспоживанням. Завданням вивчення дисципліни є навчити аспірантів методам і принципам розробки, побудови та функціонування інтелектуальних мереж з використанням штучних нейронних мереж, нечітких логічних інтелектуальних регуляторів; експертного аналізу процесів теплоелектропостачання як об'єктів керування; розробці правил та алгоритмів «розумного» управління з використанням концепції «Smart grid».

Предметом навчальної дисципліни є формування теоретичних знань та практичних навичок з розробки інтелектуальних енергосистем, які передбачають використання стійких двонаправлених комунікацій, інтелектуальних датчиків і технології з метою покращення ефективності, стійкості та безпеки генерації, постачання та споживання теплоенергії. Це дасть змогу аспірантам у галузі електричної інженерії використовувати набуті знання для вирішення професійних задач високої складності.

Дана дисципліна розкриває поняття інтелектуальної енергосистеми, в якій всі суб'єкти теплоенергетичного ринку (генерація, мережа, розподілення, активні споживачі-регулятори) беруть активну участь в процесах передачі і розподілу теплоенергії і яка направлена на досягнення якісно нового рівня ефективності функціонування та розвитку теплоелектроенергетики, а також підвищення системної надійності і пропускну здатності, підвищення якості та надійності теплопостачання споживачів.

Програмні результати навчання:

Компетенції: (СК01) здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання в електричній інженерії та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з електричної інженерії та суміжних галузей; (СК02) здатність усно і письмово презентувати та обговорювати результати наукових досліджень та/або інноваційних розробок українською та англійською мовами, професійне розуміння англомовних наукових текстів за напрямом досліджень; (СК04) здатність застосовувати сучасні інформаційні технології, бази даних та інші електронні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності; (СК05) Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру в галузі електричної інженерії, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

Знання: (РН01) передові концептуальні та методологічні знання з електричної інженерії і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідної дисципліни, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

Уміння: (РН04) планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з електричної інженерії та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми; (РН05) глибоко розуміти загальні принципи та методи технічних наук, а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у галузі електричної інженерії та у викладацькій практиці.

Зміст навчальної дисципліни

МОДУЛЬ I

Змістовий модуль 1. Структура інтелектуальних систем теплоенергетики.

Розділ 1. Основні дефініції і визначення дисципліни. Мета, задачі, призначення та застосування інтелектуальних систем енергопостачання. Історія виникнення та драйвери поширення інтелектуальних систем енергопостачання і теплозабезпечення.

Розділ 2. Аналіз і оцінка технології SMART-GRID. Концептуальна структура енергетичної системи на базі концепції SMART-GRID. Основні законодавчі і нормативно-правові акти з питань впровадження «інтелектуальних» систем в енергетиці України.

Розділ 3. Автоматизовані системи керування (АСК) процесами в теплоенергетиці. Загальна характеристика автоматизованих систем керування. Структура сучасної АСК, призначення та функції основних елементів.

Розділ 4. Технічні засоби автоматизованої системи керування. Засоби вимірювання параметрів в системах теплоенергетики. Виконавчі механізми з цифровим керуванням. Пристрої зв'язку з об'єктом, контролери. Інтеграція інтелектуальних мікропроцесорних пристроїв в енергетиці.

Розділ 5. Застосування локальних обчислювальних мереж для комунікацій. Цифровий спосіб доступу до інформації, її передачі та обробки. Апаратне забезпечення розподілених систем автоматизації. Промислові інформаційні мережі: архітектура, обладнання, характеристики.

МОДУЛЬ II

Змістовий модуль 2 Реалізація інтелектуальних систем керування в теплоенергетиці

Розділ 6. Типи і функціональна структура SCADA-систем як системи керування об'єктами теплоенергетики. Типова послідовність дій при програмуванні SCADA-системи.

Розділ 7. Інтелектуальні системи керування, основані на знаннях. Методи вирішення неформалізованих задач. Сучасні моделі представлення знань. Представлення знань засобами логіки. Моделі представлення знань на основі нечіткої логіки. Нейромережева модель представлення знань. Використання штучних нейронних мереж в системах теплоенергетики.

Розділ 8. Штучний інтелект. Використання ІІІ для моделювання і керування в системах теплоенергетики.

Розділ 9. Проектування інтелектуальних систем тепlopостачання. Спеціалізований пакет NEURAL NETWORK та пакет FUZZY LOGIK TOOLBOX для проектування і дослідження інтелектуальних систем керування в середовищі Matlab. Формування нейромережевих моделей в Simulink.

Розділ 10. Проектування систем керування в теплоенергетиці. Формування вимог до інтелектуальних систем керування в теплоенергетиці. Складання технічного завдання та ескізного проекту. Розробка технічного проекту та робочої документації.

2. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Інтелектуальні електричні мережі: елементи та режими: За заг. ред. акад. НАН України О.В. Кириленка / Інститут електродинаміки НАН України. – К.: Ін-т електродинаміки НАН України, 2016. – 400 с.
2. Стаднік М. І., Видмиш А. А., Штуць А. А., Колісник М. А. Інтелектуальні системи в електроенергетиці. Теорія та практика / Вінниця : ТВОРИ, 2020. - 332 с.
3. Стогній Б.С., Кириленко О.В., Праховник А.В., Денисюк С.П. Еволюція інтелектуальних електричних мереж та їхні перспективи в Україні. // Техн. Електродинаміка. – 2012. – № 5. – С. 52–67.
4. Интеллектуальные электроэнергетические системы: элементы и режимы / Под общ. ред. А. В. Кириленко. К.: ІЕД НАНУ України, 2014. – 409 с.
5. Проект Закону України від 15.12.2020 р. N 4507 «Про енергетичну ефективність»
6. Доля В. Г. Комп'ютерні системи штучного інтелекту. - Київ, 2011. - 295 с.
7. Васильев В.И., Ильясов Б.Г. Интеллектуальные системы управления. Теория и практика: учебное пособие. - М.: Радиотехника, 2009. - 392 с.
8. Басок Б.І., Новосельцев О.В., Дубовський С.В., Базєєв Є.Т. Модернізація комунальної теплоенергетики України. Теплофізика, енергоефективність, енергоекономіка. – Київ: Наукова думка. – 2020. – 235 с.
9. Басок Б.И., Резакова Т.А., Коломейко Д.А., Матвеев Ю.Б. Когенерация в децентрализованной и возобновляемой энергетике. - Киев, 2013. - 408 с.

Додаткові:

10. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде Matlab и FuzzyTech.- СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.
11. Пупков К.А., Коньков В.Г. Интеллектуальные системы (Исследование и создание) Учебное пособие. - Издание первое. – М., 2001. - 194 с.
12. Литвин В. В., Пасічник В. В., Яцишин Ю. В. Інтелектуальні системи: підручник / за наук. ред. В. В. Пасічника. - Львів: Новий Світ-2000, 2009. - 405 с. 23
13. Дьяконов В.П., Круглов В.В. Математические пакеты расширения Matlab. Специальный справочник. СПб. Издательство: Питер. 2001. 488с.
14. Усков А.А., Кузьмін А.В. Інтелектуальні технології управління. Штучні нейронні мережі та нечітка логіка. М. : Гаряча лінія - Телеком, 2004. - 143 с. 2.
15. Дьяконов В.П., Круглов В.В. MATLAB 6.5 SP1 / 7/7 SP1 / 7 SP2 + Simulink 5/6. Інструменти штучного інтелекту та біоінформатики. - М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2006. - 456 с.
16. Веремійчук Ю.А., Опришко В.П., Притискач І.В., Ярмолюк О.С. Оптимізація функціонування інтегрованих систем енергозабезпечення споживачів. Київ, Видавничий дім «Кий», 2020. 186 с. ISBN 987-617-7177-12-7

17. Басок Б.І., Веремійчук Ю.А. Оцінка ресурсного потенціалу сонячної електроенергетики у Одеській області// Київ. Видавничий дом «Каліта».- 2018.-250 с.
18. Басок Б.І., Новіцька М.П., Кравченко В.П. Прогнозування інтенсивності сонячного випромінювання на основі штучних нейронних мереж // *Теплофізика та теплоенергетика*. 2021. Т. 43, № 2.
- 19.

Навчальний контент

1. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	Основні дефініції і визначення дисципліни. Мета, задачі, призначення та застосування інтелектуальних систем енергопостачання. Літературні джерела [1,2,3,4,5]
2	Підстави виникнення та драйвери поширення інтелектуальних систем теплопостачання і теплозабезпечення Літературні джерела [1,3,4,5]
3	Аналіз і оцінка технології SMART-GRID. Концептуальна структура енергетичної системи на базі концепції SMART-GRID. Літературні джерела [1,2,3,4,5]
4	Основні законодавчі і нормативно-правові та нормативно-технічні акти з питань впровадження «інтелектуальних» систем в теплоенергетиці України. Літературні джерела [1,2,3,4,5,9]
5	Автоматизовані системи керування (АСК) процесами в теплоенергетиці. Загальна характеристика автоматизованих систем керування. [1,3,5,6]
6	Структура сучасної АСК, призначення та функції основних елементів. Автоматизовані системи комерційним обліком теплової та електричної енергії (АСКОЕ) Літературні джерела [1,3,5,7]
7	Технічні засоби автоматизованої системи керування. Засоби вимірювання параметрів в системах теплоенергетики. Комерційні програми для проведення енергоаудиту. Виконавчі механізми з цифровим керуванням. Літературні джерела [7,8]
8	Пристрої зв'язку з об'єктом, контролери. Інтеграція інтелектуальних мікропроцесорних пристроїв в теплоенергетиці. Літературні джерела [7,8,10]
9	Приклади застосування інтелектуальних пристроїв і систем. Літературні джерела [10,11,12]
10	Апаратне забезпечення розподілених систем. Промислові інформаційні мережі: архітектура, обладнання, характеристики. Технології накопичення енергії у складі інтелектуальних систем теплозабезпечення Літературні джерела [10,11,12]
11	Типи і функціональна структура SCADA-систем як системи керування об'єктами електроенергетики. Типова послідовність дій при програмуванні SCADA-системи. Літературні джерела [10,11,12,13]
12	Інтелектуальні системи керування, основані на знаннях. Методи вирішення неформалізованих задач. Сучасні моделі представлення знань.

	Літературні джерела [10,11,12,13]
13	Нейромережева модель представлення знань. Використання штучних нейронних мереж в системах теплоенергетики. Літературні джерела [10,11,12,13]
14	Проектування інтелектуальних систем теплопостачання. Спеціалізований пакет NEURAL NETWORK та пакет FUZZY LOGIK TOOLBOX для проектування і дослідження інтелектуальних систем керування в середовищі Matlab. Літературні джерела [12,13,14,15]
15	Проектування інтелектуальних систем теплопостачання. Формування нейромережевих моделей в Simulink. Літературні джерела [14,15,16]
16	Штучний інтелект. Використання ІІІ для моделювання і керування в системах енергетики. Літературні джерела [12,13,14,15,16]
17	Проектування систем керування в енергетиці. Формування вимог до інтелектуальних систем керування в енергетиці. Літературні джерела [15,16,17]
18	Складання технічного завдання та ескізного проекту. Розробка технічного проекту та робочої документації. Літературні джерела [12,13,14,15]

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Проведення пошукового аналізу нормативного забезпечення з питань впровадження «інтелектуальних» систем в енергетиці України.
2	Приклад практичного впровадження системи SCADA в області теплоенергетики для системного функціонування енергозабезпечення конкретного промислового підприємства
3	Основні принципи розрахунків в пакеті MATLAB
4	Проведення модельних розрахунків в програмі NEURAL NETWORK. Графічна візуалізація розрахунків в системі MATLAB
5	Проведення модельних розрахунків в програмі FUZZY LOGIK TOOLBOX. Графічна візуалізація розрахунків в системі MATLAB

Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять, виконання домашньої контрольної роботи, підготовка до МКР, підготовка до екзамену	36

Політика та контроль

2. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед аспірантом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 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 практичних заняттях.

- *правила поведінки на заняттях: аспірант має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі здійснюється за умови вказівки викладача;*
- *правила захисту індивідуальних завдань: захист домашньої контрольної роботи з дисципліни здійснюється індивідуально і лише у випадку, коли аспірант не погоджується із нарахованими балами за результатами перевірки ДКР (за умови дотримання календарного плану виконання ДКР);*
- *політика дедлайнів та перескладань: несвоєчасне виконання ДКР та несвоєчасне виконання практичних робіт передбачають нарахування штрафних балів. Якщо аспірант не проходив або не з'явився на МКР, його результат оцінюється у 0 балів.*
- *політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в ІТТФ НАН України, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, у тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Інтелектуальні теплоенергетичні системи та комплекси»;*
- *при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц.мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.*

3. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль: експрес-опитування, МКР.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: Екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за домашню контрольну роботу, зарахування усіх практичних робіт, семестровий рейтинг більше 30 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Загальна рейтингова оцінка аспіранта після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;
- розв'язання задач на практичних заняттях;
- виконання домашньої контрольної роботи (ДКР);

- виконання однієї модульної контрольної роботи (МКР).
- написання екзамену

Експрес-опитування	Розв'язання задач	ДКР	МКР	Rc	Рекз	R
4	8	22	8	60	40	100

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях

Ваговий бал – 2.

Максимальна кількість балів на всіх лекціях –

2 бали * 9 = 18 балів.

Критерії оцінювання

- правильні відповіді на окремі питання з місця – 2;

Розв'язання задач на практичних заняттях

Ваговий бал – 4.

Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях –

4 бали * 5 = 20 балів.

Критерії оцінювання

- самостійне розв'язання задач, вільне володіння темою заняття – 4;
- розв'язання задач за допомогою викладача, володіння окремими розділами теми заняття – 2;

Індивідуальне семестрове завдання (ДКР)

Згідно з робочою навчальною програмою кожен аспірант виконує домашню контрольну роботу.

Максимальна кількість балів за виконання ДКР – 22.

Критерії оцінювання

- повне, точне і вчасне виконання – 22 балів;
- розрахунок неточний є окремі несуттєві помилки – 9...13 балів;
- розрахунок неповний, є окремі суттєві помилки – 2...6 балів;
- розрахунок неправильний – 0 балів;
- на виконання ДКР відводять 8 тижнів з моменту видачі завдання; задача ДКР після встановленого терміну передбачає нарахування штрафного балу -2 за кожен тиждень понад встановлений термін.

Модульна контрольна робота

Ваговий бал кожної частини МКР – 2.

Максимальний бал за МКР – 2 * 4 = 8.

Критерії оцінювання

- правильне розв'язання 2 задач – 2 бали;
- часткове розв'язання задач, наявність незначних помилок – 1-1,5 балів;
- правильне розв'язання 1 задачі – 1 бали;
- відсутність відповіді – 0 балів.

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації.

Форма семестрового контролю – екзамен

На екзамені аспіранти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить два теоретичних запитання (завдання) і одне практичне. Кожне теоретичне запитання (завдання) оцінюється у 10 балів, а практичне у 20 балів за такими критеріями:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв’язування завдання) – 9-10;18-20 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь або є незначні неточності (повне розв’язування завдання з незначними неточностями) – 7-8;16-17 балів;
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 4-6;10-15 балів;
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

Сума стартових балів та балів за екзаменаційну контрольну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Бали	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Є не зараховані лабораторні роботи або не зарахована розрахункова робота	Не допущено

4. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- За участь в науково-дослідній роботі з виступом на конференції – 10 заохочувальних балів, які додаються до загальної суми, якщо вона менша 100.
- За проект тез по проблематиці дисципліни – 10 заохочувальних балів, за проект наукової статті – 20 балів.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено:

д.т.н., професор, Басок Б.І.

Ухвалено: вченою радою ІТТФ НАН України (протокол № ____ від _____)

Погоджено: Методичною комісією ІТТФ НАН України (протокол № ____ від _____)