



Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни



Моделювання та управління генерацією електроенергії

Шифр та назва спеціальності

141 – Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка

Інститут

ННІ Енергетики, електроніки та електромеханіки

Освітня програма

«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Кафедра

Електричних станцій (130)

Рівень освіти

Доктор філософії

Тип дисципліни

Вибіркова

Семестр

3

Мова викладання

Українська, англійська

Викладачі, розробники



Махотіло Костянтин Володимирович

Kostiantyn.Makhotilo@khpі.edu.ua

Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, професор

Автор понад 90 наукових публікацій та навчально-методичних праць. Провідний лектор з дисциплін: «Основи інформаційних технологій в електроенергетиці», «Облік та керування електроспоживанням», «Енергетична політика України та маркетинг енергії», «Моделювання та прогнозування електроспоживання», «Проблеми та перспективи розвитку електроенергетики та електромеханіки».

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

Зростання долі відновлюваних джерел енергії в енергетичній системі ставить перед науковцями задачі щодо ефективного управління новою та традиційною генерацією для оптимального використання її потенціалу та забезпечення сталого розвитку енергетики. Дисципліна спрямована на опанування теоретичних підходів й методів моделювання та управління для розв'язання цієї задачі.

У модулях теоретичної частини розглядаються методи моделювання та управління в розумних енергетичних системах, а також розподілу навантаження на електричній станції. Вони охоплюють основні аспекти управління генерацією з урахуванням питань стійкості, впливу змінності відновлюваних джерел енергії, кібернетичних загроз у розумних мережах, а також оптимізації навантаження на когенераційних станціях.

Практична частина присвячена застосуванню провідних програмних інструментів, як OpenModelica, Matlab, Scilab та власних розробок кафедри для розв'язання розглянутих задач.

Мета та цілі дисципліни

Мета.

Формування знань теоретичних методів та практичних навичок моделювання та управління генерацією енергії на електричних станціях для забезпечення сталого розвитку енергетики.

Цілі.

Знати:

- Сучасні підходи та методи моделювання електроенергетичних систем, зокрема з відновлюваною та розподіленою генерацією.
- Основні принципи та методи оптимізації режимів роботи електричних станцій, зокрема в межах розумних мереж, з урахуванням відновлюваних джерел енергії та функціонування ринку електричної енергії.

Вміти:

- Застосовувати провідні програмні інструменти для моделювання електроенергетичних систем.
- Моделювати режими роботи енергосистеми та аналізувати її динаміку з урахуванням відновлюваних джерел енергії
- Застосовувати методи оптимізації для розподілу навантаження між генераторами електроенергії
- Оцінювати кібернетичні ризики безпеки розумних енергетичних мереж

Формат занять

Лекції, практичні заняття, самостійна робота, консультації. Підсумковий контроль – екзамен.

Компетентності

СК1. Здатність демонструвати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів керування електроенергетичними, електротехнічними та електромеханічними системами та комплексами.

СК11. Здатність демонструвати розуміння технічних аспектів надійності та ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних об'єктів і систем.

СК14. Здатність демонструвати розуміння вимог до надійності та ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних об'єктів і систем, зумовлених необхідністю забезпечення сталого розвитку

Результати навчання

РН-4 Знання і розуміння сучасних методів ведення науково-дослідних робіт, організації та планування експерименту, комп'ютеризованих методів дослідження та опрацювання результатів вимірювань

РН-7 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.

РН-8 Уміння з постановки, формулювання і вирішення завдань у галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, що пов'язані з процедурами спостереження об'єктів, вимірювання, контролю, діагностування і прогнозування з урахуванням важливості соціальних обмежень (суспільство, здоров'я і безпека, охорона довкілля, економіка, промисловість тощо).

РН-12 Володіння сучасними методами та застосованими/розробленими методиками проектування і дослідження, а також аналізу отриманих результатів.

РН-16 Вміння застосовувати апаратні та програмні засоби сучасних інформаційних технологій для вирішення задач у сфері електроенергетики, електротехніки та електромеханіки та інформаційно-виміральної техніки

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 120 год. (4 кредити ECTS): лекції – 30 год., практичні заняття – 10 год., самостійна робота – 80 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Попередні дисципліни:

Дисципліни блоку «Спеціальні розділи математики для дослідників».

Знання основ методів розв'язання математичних задач енергетики, основ теорії автоматичного управління.

Навички роботи з пакетами математичного моделювання.

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Лекції проводяться в інтерактивному режимі з використанням мультимедійних технологій. Практичні завдання виконуються з використанням відкритого програмного забезпечення (OpenModelica, SciLab) або безоплатних ліцензій (Matlab Online), розробленого на кафедрі програмного забезпечення та університетської платформи Microsoft 365. Навчальні матеріали доступні для студентів у блокноті OneNote Class Notebook.

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

Цілі навчальної дисципліни

Значення даної навчальної дисципліни. Обсяг навчального матеріалу, види занять та організація роботи для його засвоєння

Змістовий модуль 1. Моделювання та управління в розумних енергетичних системах

Тема 1. Задача моделювання енергетичної системи

Міждисциплінарність задачі моделювання систем з розподіленою генерацією. Особливості моделювання гетерогенних систем

Тема 2. Підходи до моделювання енергетичних систем

Приведення до одного способу моделювання. Використання універсального інструменту моделювання

Тема 3. Підхід співмоделювання гетерогенних систем

Співмоделювання енергетичних систем. Програмні інструменти для співмоделювання:

PowerFactory. MATPOWER/Octave, PSAT, OpenModelica/OpenIPSL

Тема 4. Стійкість енергетичних систем з ВДЕ

Категорії стійкості в енергосистемі. Наслідки нестійкості енергосистеми. Забезпечення стійкості енергетичної системи. Особливості моделювання енергетичної системи для аналізу стійкості.

Тема 5. Регулювання частоти

Синхронна швидкість генераторів. Баланс активної потужності. Види резервів регулювання частоти. Принцип роботи регулятора частоти обертання.

Тема 6. Оптимальний потік потужності в умовах невизначеності генерації ВДЕ

Задача оптимізації. Алгоритм оптимізації. Гуссівський випадковий процес. Модель суміші Гаусса. Розподіл Вейбулла. Метод Монте-Карло в енергетичних системах. Моделювання вихідної потужності вітроенергетичної установки. Аналіз ймовірнісного потоку потужності

Тема 7. Цифровізація енергетики

Система управління енергією. Диспетчерське управління та збір даних. Цифрова електрична підстанція. Технологія синхронізованих вимірювань. Моніторинг, захист та управління на великих територіях

Тема 8. Кібернетична безпека розумних мереж

Кібернетичні атаки на енергомережі. Атака шляхом введення хибних даних. Кібернетичні ризики. Управління кібернетичними ризиками.

Тема 9. Оцінювання ризиків у розумних мережах

Індекс безпеки. Розрахунок вектора атаки. Задача розрахунку індексу безпеки. Оцінювання впливу на основі моделювання кіберфізичної системи

Змістовий модуль 2. Моделювання та управління генерацією на електричній станції

Тема 10. Задача оптимального розподілу навантаження між генераторами.

Задача оптимального розподілу навантаження між енергоблоками в межах станції. Особливості оптимізації режимів роботи електричної станції в умовах оптового ринку електричної енергії.

Оптимізація режимів роботи розподіленої генерації в межах розумної мережі та мікромережі.

Тема 11. Витратні характеристики теплових енергоблоків.

Типові види витратних характеристик ТЕС та ТЕЦ. Способи визначення та апроксимації. Нейромережева модель витратних характеристик блоків ТЕЦ.

Тема 12. Метод невизначених множників Лагранжа для задачі розподілу навантаження блоків.
Спрощений алгоритм розв'язання задачі розподілу навантаження між тепловими блоками на базі методу невизначених множників Лагранжа.

Тема 13. Метод динамічного програмування для задачі розподілу навантаження блоків.
Метод динамічного програмування для задачі розподілу ресурсу. Застосування методу динамічного програмування для задачі розподілу навантаження між тепловими блоками ТЕЦ.

Тема 14. Еволюційні методи розподілу навантаження блоків
Комбінація генетичного алгоритму та модифікованого методу невизначених множників Лагранжа для розв'язання задачі розподілу навантаження між тепловими блоками в межах ринку електроенергії «на добу наперед».

Теми практичних занять

Тема 1. Моделювання енергетичної системи в OpenModelica
Встановлення та налаштування OpenModelica. Тестова енергетична система IEEE 9 шин з автоматичними регуляторами напруги генератора. Моделювання режимів роботи системи з AVR при збуренні. Система з автоматичними регуляторами частоти обертання. Моделювання режимів роботи системи з GOV при збуренні.

Тема 2. Моделювання енергетичної системи з відновлюваним джерелом енергії в OpenModelica
Система з вітровою електростанцією. Моделювання режимів роботи з ВЕС.

Тема 3. Моделювання енергетичної системи для оцінювання кібербезпеки в OpenModelica
Зонована енергетична IEEE 9 шин з регулятором потужності. Кібернетична атака введення хибних даних FDI, атака на відмову в обслуговуванні DoS. Комбіновані кібернетичні атаки.

Тема 4. Розв'язання нелінійних задач оптимізації в Matlab та Scilab.
Метод множників Лагранжа для задачі розподілу навантаження між тепловими блоками. Метод динамічного програмування для задачі розподілу навантаження між блоками ТЕС

Тема 5. Оптимальний розподіл навантаження за допомогою генетичного алгоритму в Mendel 4
Розв'язання задачі розподілу навантаження між тепловими блоками за допомогою комбінації генетичного алгоритму та модифікованого методу невизначених множників Лагранжа

Теми лабораторних робіт

Самостійна робота

Опанування програмного забезпечення та застосування теоретичних методів на прикладі задач власного дисертаційного дослідження

Література та навчальні матеріали

Основна література:

1. Забезпечення стійкості енергосистем та їх об'єднань: За заг. ред. акад. НАН України О.В. Кириленка / Інститут електродинаміки НАН України. – К.: Ін-т електродинаміки НАН України, 2018. – 320 с.
2. Gopstein, A., Nguyen, C., O'Fallon, C., Hastings, N., & Wollman, D. NIST framework and roadmap for smart grid interoperability standards, release 4.0. Gaithersburg, MD, USA: Department of Commerce. National Institute of Standards and Technology, 2021.
3. Штовба С.Д. Методи оптимізації в середовищі MatLab. Лабораторний практикум. Навчальний посібник. - Вінниця: ВДТУ, 2001. –56с.
4. Гончаренко Я.В. Математичне програмування. -- К.: НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2010. – 184 с.
5. Milano F. Power system modelling and scripting. Springer Science & Business Media, 2010.
6. Domínguez C., Porras Á., Pineda S., Morales J. M. Optimal power flow under uncertainty / Encyclopedia of Electrical and Electronic Power Engineering, Volume 1, 2023, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821204-2.00107-0>.

Додаткова література

1. Fritzson, P., et al. OpenModelica Users Guide. 2006.
2. Matlab. Optimization Toolbox. <https://www.mathworks.com/help/optim/>
3. Scilab. FOSSEE-Optimization-Toolbox. Collection of interfaces for open source optimization solvers. <https://atoms.scilab.org/toolboxes/FOT>
4. Mendel. Програма розв'язання задач глобальної оптимізації. <https://sites.google.com/site/kvmahotilo/mendel>

Система оцінювання

Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

Остаточна оцінка складається з:

40 балів за поточне тестування та самостійну роботу,
40 балів за виконання завдань практичних занять,
20 балів за екзамен.

Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

Норми академічної етики і політика курсу

Студент повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту. Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

Погодження

Силабус погоджено

Дата погодження, підпис

Завідувач кафедри
Олександр ЛАЗУРЕНКО

Дата погодження, підпис

Гарант ОП
Олександр СЕРЕДА