



Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни



Віртуальні електричні станції

Шифр та назва спеціальності

141 – Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка,
176 – Мікро- та наносистемна техніка

Інститут

ННІ Енергетики, електроніки та електромеханіки

Освітня програма

Стала та відновлювана енергетика: електрична та мікроелектронна інженерія

Кафедра

Електричні станції (130)

Рівень освіти

Магістр

Тип дисципліни

Вибіркова, Профільна підготовка

Семестр

2

Мова викладання

Українська, англійська

Викладачі, розробники



Федорчук Станіслав Олегович

stanislav.fedorchuk@khp.edu.ua

к.т.н., старший викладач кафедри електричних станцій НТУ "ХПІ"

Автор та співавтор більше 20 наукових та методичних праць. Курси: "Енергетичний менеджмент", "Енергетичний менеджмент та аудит", "Основи енергетичного менеджменту", "Основи електроенергетики", "Мікропроцесорні системи з відкритим кодом", "Віртуальні електричні станції".

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

Дисципліна дозволяє зрозуміти механізми інтеграції відновлюваних джерел енергії до енергосистеми країни за допомогою сучасних та перспективних технологій. Курс лекцій включає в себе вивчення позитивних та негативних аспектів використання ВДЕ, методів боротьби з їх стохастичним характером генерації, ознайомлення з активними споживачами, як потенційним елементом віртуальних електричних станцій, ознайомлення з концепцією smart grid та методів переходу до них від сучасних мереж, вивчення принципів побудови та керування віртуальними електричними станціями. Практичні роботи включають в себе елементи командної роботи та проєктного менеджменту. Курс розраховано на формування перспективних знань та навичок, що будуть поглиблені в наступних більш спеціалізованих дисциплінах

Мета та цілі дисципліни

Метою навчальної дисципліни «Віртуальні електричні станції» є формування знань про основні принципи проєктування віртуальних електричних станцій, побудови їх систем управління, підтримання балансів активної та реактивної потужності в них, засобів інтеграції до них розподіленої генерації у вигляді активних споживачів та забезпечення економічної доцільності функціонування віртуальних електричних станцій в електроенергетичній системі.

Цілі.

Знати:

- основні принципи побудови віртуальних електричних станцій,
- механізми ефективної взаємодії елементів віртуальних електричних станцій між собою та їх сукупності з енергосистемою,
- методи побудови алгоритмів віртуальних електричних станцій;
- основні етапи переходу традиційних електричних мереж до smart grid.

Вміти:

- здійснювати допроектний аналіз потенціалу відновлюваних джерел енергії для обраної території;
- визначати оптимальну ємність накопичувачів енергії в залежності від їх типу та поставлених задач;
- обирати та створювати алгоритми ефективного керування віртуальними електричними станціями;
- створювати математичні моделі віртуальних електричних станцій та їх елементів.

Формат занять

Лекції, лабораторні роботи, практичні роботи, самостійна робота, консультації. Підсумковий контроль – екзамен.

Компетентності

СК1 Здатність обґрунтовано обирати, застосовувати наявні та розробляти нові методи, методики, технології для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, а також мікро- та наносистемної техніки.

СК3 Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові й технічні методи для вирішення науково-технічних проблем електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, а також мікро- та наносистемної техніки, оцінювати отримані результати.

СК4 Здатність користуватися сучасними системами пошуку та аналізу науково-технічної інформації, проводити патентний пошук і дослідження та здійснювати захист інтелектуальної власності.

СК7 Здатність проєктувати та впроваджувати ефективні, надійні й безпечні, зв'язані з мережею та автономні електрогенеруючі установки й станції, що використовують відновлювані джерела енергії, зокрема фотоелектричні.

СК8 Здатність планувати впровадження і керувати роботою відновлюваних джерел енергії для забезпечення сталого розвитку енергетики на основі технологій розумних мереж, розподіленої генерації та акумуляування енергії.

Результати навчання

РН1 Формулювати й розв'язувати складні інженерні, виробничі та/або наукові задачі під час проєктування, виготовлення і дослідження електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних комплексів і систем, а також мікро- та наносистемної техніки різноманітного призначення та створення конкурентоспроможних розробок, втілення результатів у бізнес-проєктах.

РН2 Визначати напрями, розробляти й реалізовувати проєкти створення та модернізації електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних комплексів і систем, а також виробництва мікро- та наносистемної техніки з урахуванням технічних, економічних, правових, соціальних та екологічних аспектів.

РН3 Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у сфері електроенергетики, електротехніки, електромеханіки, а також мікро- та наноелектроніки, для розв'язування складних задач професійної діяльності.

РН7 Будувати й досліджувати фізичні, математичні й комп'ютерні моделі об'єктів та процесів електроенергетики, електротехніки, електромеханіки, а також мікро- та наноелектроніки.

РН10 . Дотримуватися принципів та напрямів стратегії сталого розвитку енергетики, забезпечення енергетичної безпеки та переходу до відновлюваної енергетики в Україні, ЄС та

світі.

PHc 1.2 Визначати оптимальні технології, параметри обладнання та способи управління роботою систем акумулювання енергії для маневрування й підтримання балансу в енергетичних системах з відновлюваними джерелами енергії.

PHc 1.3 Планувати побудову та управління роботою ефективних енергетичних установок та стацій на основі технологій розподіленої відновлюваної генерації та розумних мереж.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 150 год. (5 кредитів ECTS): лекції – 32 год., практичні роботи – 16 год., лабораторні роботи – 16 год., самостійна робота – 86 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Дисципліна "Силова електроніка для відновлюваних енергетичних систем"

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Лекції проводяться інтерактивно з використанням мультимедійних технологій, використовуються віртуальні екскурсії по електричним станціям. На практичних заняттях використовується проєктний підхід до навчання, передбачається командна робота, акцентується увага на застосуванні інформаційних технологій, також студенти мають необов'язкові завдання, що потребують використання нових більш глибоких ніж в курсі профільних навичок, за виконання яких можуть отримати додаткові бали. Навчальні матеріали формуються разом зі студентами через Whiteboard освітньої платформи Microsoft 365 зі спільним доступом. На практичних заняттях та при самостійній роботі використовується безоплатна студентська версія пакету Matlab Online, вільні веб застосунки Global solar atlas та Global wind atlas, програмне забезпечення з відкритим доступом Load profile generator, SGAM toolbox та User graph, а також безоплатне програмне забезпечення System Advisor Model.

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

Тема 1. Вступ

Цілі навчальної дисципліни. Обсяг навчального матеріалу, види занять та організація роботи.

Тема 2. Концепція віртуальних електричних станцій

Причини виникнення, особливості, вимоги для застосування, переваги.

Тема 3. Генерація електричної енергії віртуальних електричних станцій

Централізована та розподілена генерація, традиційні та відновлювані електричні станції, методи компенсації стохастичного характеру генерації ВДЕ, контроль та управління генерацією. Вартість генерації електричної енергії.

Тема 4. Накопичувачі електричної енергії

Види накопичувачів електричної енергії. Оцінка необхідних параметрів ємності та потужності. Вибір оптимального типу накопичувача під поставлені завдання.

Тема 5. Споживачі електричної енергії.

Роль споживачів в віртуальних електричних станціях. Активні споживачі. Методи оцінки та прогнозування навантаження побутових, комунальних та промислових споживачів.

Тема 6. Вимірювання та управління в віртуальних електричних станціях.

Засоби та методи вимірювання в віртуальних електричних станціях. Структура системи управління та його принципи.

Тема 7. Моделі віртуальних електричних станцій.

Принципи побудови математичних моделей віртуальних електричних станцій. Використання розроблених моделей для оптимізації вибору параметрів на етапі проєктування та для прийняття управляючих рішень.

Тема 8. Підтримка заданих параметрів в середині віртуальних електричних станцій.

Підтримка частоти та напруги. Резерв потужності: тип, параметри, принципи вибору та керування.

Тема 9. Віртуальні електричні станції як частина енергосистеми.

Участь в керуванні попитом. Взаємодія з ринком електричної енергії. Принципи та стратегії взаємодії з енергосистемою.

Тема 10. Віртуальні електричні станції в межах концепції smart grid.

Концепція розумних мереж, необхідні для застосування віртуальних електричних станцій технології, перехід від традиційних мереж до розумних, SGAM.

Тема 11. Мікромережі.

Концепція мікромереж. Використання мікромереж в якості засобу інтеграції децентралізованої відновленої генерації. Комбіноване використання принципів мікромереж та віртуальних електричних станцій.

Тема 12. Перспективні напрямки розвитку віртуальних електричних станцій.

Застосування штучного інтелекту, v2g, прогнозування стану елементів віртуальних електричних станцій.

Тема 13. Аналіз проєктів.

Аналіз дослідних та демонстраційних проєктів, що вже реалізовані або плануються до запуску.

Теми практичних занять

Тема 1. Визначення оптимальних параметрів елементів віртуальної електричної станції.

Дослідження процесу визначення необхідних параметрів для елементів генерації та накопичення електричної енергії. Студенти діляться на команди, що будуть працювати разом протягом всього курсу.

Тема 2. Отримання даних для обраного регіону.

Команди обирають регіон для дослідження, отримують метеорологічні дані для нього, формують потенційні графіки навантаження.

Тема 3. Створення математичної та комп'ютерної моделі віртуальної електричної станції.

Визначаються основні елементи, створюються їх математичні та комп'ютерні моделі, що об'єднуються між собою в єдину віртуальну електричну станцію.

Тема 4. Розробка алгоритмів ефективного управління для віртуальної електричної станції.

Проводить аналіз параметрів електроенергетичних мереж, історичних даних роботи ринку електричної енергії. Розробляється алгоритм прийняття рішень, що дозволить забезпечити ефективну роботу віртуальної електричної станції за обраним критерієм.

Тема 5. Реалізація розробленого алгоритму.

Реалізується розроблений алгоритм в раніше розробленій моделі. Перевіряється його ефективність за допомогою даних отриманих раніше.

Тема 6. Командна презентація розроблених алгоритмів.

Кожна команда презентує розроблений алгоритм та доводить ефективність його роботи за обраним критерієм.

Теми лабораторних робіт

Тема 1. Отримання та обробка метеорологічних даних з метою оцінки перспектив обраного регіону.

Робота з накопичувачами даних та метеорологічними станціями. Обробка та візуалізація отриманих результатів. Global solar та wind atlas, NASA center for climate simulation, HELIOSIM

Тема 2. Отримання та обробка даних по споживанню електричної енергії.

Отримання та використання типових графіків навантаження різних типів споживачів. Альбом типових графіків навантажень User graph, розрахунок навантажень промислових підприємств, Load profile generator.

Тема 3. System Advisor Model.

Використання програмного забезпечення System Advisor Model для моделювання генерації електричної енергії електричними станціями, що використовують відновлювані джерела енергії.

Тема 4. Застосування Matlab Simulink для моделювання роботи віртуальних електричних станцій.

Моделювання елементів віртуальних електричних станцій та створення системи управління для них.

Тема 5. Smart grid architecture model.

Використання SGAM TOOLBOX для розуміння основних складових переходу від традиційних мереж до розумних.

Самостійна робота

Розрахункове завдання – "Розробка моделі та алгоритму керування віртуальної електричної станції"

Студенти повинні самостійно обрати додаткові критерії ефективності роботи розробленої віртуальної станції та довести відповідність їм.

Захист завдання проводиться у формі доповіді з використанням підготовлених презентаційних матеріалів.

Термін виконання: 16 тиждень

Література та навчальні матеріали

Базова література:

1. Zangeneh, Ali, and Moein Moeini-Aghtaie. Scheduling and Operation of Virtual Power Plants. Elsevier, 2022.
2. Dagoumas, Athanasios. Mathematical Modelling of Contemporary Electricity Markets. Academic Press, 2021.
3. Deebak, B.D., and Fadi Al-Turjman. Sustainable Networks in Smart Grid. Academic Press, 2022.
4. IRENA (2015), REmap 2030 Renewable Energy Prospects for Ukraine. IRENA, Abu Dhabi. www.irena.org/remap
5. Milano F. Power system modelling and scripting. Springer Science & Business Media, 2010.
6. Mohammadi-Ivatloo, B., Shotorbani, A. M., & Anvari-Moghaddam, A. (Eds.). (2021). Energy storage in energy markets: Uncertainties, modelling, analysis and optimization. Academic Press.
7. SGAM User Manual - Applying, testing & refining the Smart Grid Architecture Model. CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group 2014
8. Smart Grid Reference Architecture. CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group 2012

Система оцінювання

Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

100 балів підсумкової оцінки складаються з результатів поточного оцінювання (80 балів), та підсумкового оцінювання у вигляді екзамену (20 балів).

Поточне оцінювання: захист лабораторних робіт (40 балів), виконання індивідуальне завдання (30 балів) та його захист (10 балів).

Екзамен: письмове завдання (3 запитання з теорії) та усна доповідь.

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

28.08.23



Завідувач кафедри
Олександр ЛАЗУРЕНКО

28.08.23



Костянтин МАХОТІЛО