Силабус освітнього компонента
Програма навчальної дисципліни

Оптимізаційні задачі енергетики

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
Вільного вибору профільної підготовки

Семестр
2

Мова викладання
Українська, англійська

Викладачі, розробники

Лисенко Людмила Іванівна
Liudmyla.Lysenko@khpi.edu.ua
Доцент кафедри, кандидат технічних наук зі спеціальності «Електричні машини і апарати», доцент кафедри електричних станцій

Автор понад 60 наукових публікацій та навчально-методичних праць.
Провідний лектор з дисциплін: «Оптимізаційні задачі енергетики», «Екологічні аспекти енергетики».
Детальніше про викладача на сайті кафедри

Загальна інформація

Анотація

Курс «Оптимізаційні задачі енергетики» дає знання та розвиває практичні навички з математичного моделювання та вирішення лінійних та нелінійних оптимізаційних задач, пов’язаних з режимами електричних станцій та електроенергетичних систем, у тому числі з відновлюваними джерелами енергії .

Мета та цілі дисципліни

Мета: формування у майбутніх фахівців основи знань з сучасних методів і інструментів розв'язування задач лінійного і нелінійного математичного програмування; знань енергетичних характеристик агрегатів електричних станцій, математичних моделей режимів роботи агрегатів електричних станцій та енергосистеми, здатності визначати найвигідніший вибір складу агрегатів електростанції та розподіл навантаження в енергосистемі у короткостроковому та довгостроковому періоді часу.

Цілі.
Знати:

- Сучасні методи математичного програмування, які використаються при рішенні лінійних та нелінійних оптимізаційних задач енергетики;
– Економічні характеристики та особливості роботи основного енергетичного обладнання електричних станцій різних типів;
– Особливості короткострокових та довгострокових режимів енергосистеми.
Вміти:
– Складати розрахункові математичні моделі лінійних та нелінійних оптимізаційних задач енергетики;
– Застосовувати сучасні математичні та програмні інструменти для розв'язування оптимізаційних задач;
– Аналізувати знайдені оптимальні рішення і оцінювати їх чутливість;
– Розв'язувати задачі лінійного та нелінійного програмування за допомогою електронних таблиць.

Формат занять

Лекції, практичні заняття, розрахункове завдання, 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.

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.
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.
РНс1.1. Визначати оптимальні технології, схеми організації й параметри обладнання установок та станцій з виробництва електроенергії на основі відновлюваних джерел енергії, зокрема фотоелектричних.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 120 год. (4 кредитів ECTS): лекції – 32 год., практичні заняття – 32 год., самостійна робота – 56 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Для успішного проходження курсу необхідні знання та навички з попередніх дисциплін: Вища математика, Загальна фізика, Електрична частина станцій та підстанцій в системах відновлюваної енергетики, Експлуатація і режими роботи електрообладнання в системах відновлюваної енергетики, Проєктування систем електропостачання від відновлюваних джерел.

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Лекції проводяться інтерактивне з використанням мультимедійних технологій. На практичних заняттях студенти працюють з індивідуальними завданнями. Для практичних занять використовується відкрите програмне забезпечення та можливості університетської платформи Microsoft 365. Навчальні матеріали доступні студентам у блокноті OneNote Class Notebook.

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

Змістовий модуль 1 Задачі лінійного програмування в енергетиці

Тема 1. Вступ

Необхідність диспетчерського управляння режимами електростанцій та електроенергетичних систем.

Тема 2. Математичне моделювання об’єктів оптимізації.

Загальні свідомості про математичне програмування. Поняття математичної моделі і етапи її розробки. Характеристика і постановка задачі оптимізації. Випуклість і вгнутість. Умови єдності екстремуму. Критерії оптимальності. Оптимізаційні задачі з обмеженнями. Багатокритеріальні оптимізаційні задачі. Основні етапи розв'язування задач оптимізації. Типові оптимізаційні задачі енергетики.

Тема 3. Основна задача лінійного програмування

Основна задача лінійного програмування (ОЗЛП) та її формулювання. Властивості рішень ОЗЛП. Область допустимих рішень. Геометрична інтерпретація ОЗЛП та алгоритм графічного методу її розв'язування. Симплекс-метод рішення задачі лінійного програмування.

Тема 4. Розподільні задачі лінійного програмування в енергетиці.

Математичні моделі розподільних одноіндексних задач. Аналіз стійкості рішення задачі лінійного програмування. Двоїста задача лінійного програмування. Інтерпретація рішення двоїстої задачі. Тіньові оцінки ресурсів. Лінійне програмування та практичні задачі енергетики. Задача диспетчеризації постачання палива на теплові електростанції.

Тема 5. Транспортна задача енергетики

Будування математичних моделей двоіндексних задач ЛП. Відкрита та закрита транспортна задача (ТЗ) енергетики. Складання транспортної матриці. Задача вибору оптимальної схеми передачі потужності за умови дефіциту та надлишку генеруючих потужностей в системі електропостачання. Задача вибору оптимальної схеми передачі потужності за умови небалансу потужності, обмежень пропускної здатності ліній електропередачі та транзиту потужності.

Тема 6. Бульови двоіндексні задачі ЛП

Особливості математичних моделей бульових двоіндексних задач ЛП. Задача про призначення. Задача комівояжера.

Змістовий модуль 2 Задачі нелінійного програмування в енергетиці

Тема 7. Методи вирішення задач нелінійного програмування

Графічна ілюстрація задачі нелінійного програмування. Градієнтні методи. Метод невизначених множників Лагранжа і його застосування.

Тема 8. Задачі оптимального розподілу компенсуючих пристроїв в електричній мережі

Будування математичних моделей оптимізаційних задач компенсації реактивної потужності в радіальній, магістральній або гібридній мережах електропостачання. Визначення умов оптимального розподілу компенсуючої потужності в цих мережах.

Тема 9. Оптимізація внутрішньостанційних режимів теплової електричної станції

Залежні і незалежні характеристики режиму. Енергетичні характеристики основного енергетичного обладнання ТЕС. Експлуатаційні економічні показники. Маневрені характеристики ТЕС. Еквівалентні характеристики. Характеристики відносних приростів. Енергетичні станції з однаковими агрегатами. Постановка задачі оптимізації внутрішньостанційних режимів ТЕС. Умови вибору оптимального складу агрегатів ТЕС. Інтерпретація значення множника Лагранжа в задачі вибору оптимального складу агрегатів. Оптимізації внутрішньостанційних режимів з урахуванням обмежень на генеруючу потужність. Визначення перевитрат палива через відхилення від оптимального режиму.

Тема 10. Оптимізація режимів теплової енергосистеми за активною потужністю з урахуванням втрат потужності
Постановка задачі оптимізації режиму теплової енергосистеми за активною потужністю з урахуванням обмежень на генеруючу потужність та втрат активної потужності потужності в енергомережі. Визначення умов оптимального розподілу активних навантажень в тепловій енергосистемі з урахуванням втрат активної потужності.
Тема 11. Комплексна оптимізація короткострокових режимів теплової енергосистеми
Визначення умов оптимального розподілу активного та реактивного навантаження між електростанціями теплової енергосистеми з урахуванням втрат активної та реактивної потужності в енергомережі. Алгоритм комплексної оптимізації короткострокових режимів роботи теплової енергосистеми.
Тема 12. Оптимізація короткострокових режимів гідроелектростанцій
Енергетичні характеристики гідроагрегатів. Довготривале та короткострокове планування режимів енергосистемі, до складу якої входять гідроелектростанції. Постановка задачі внутрішньостанційної оптимізації короткострокових режимів ГЕС. Оптимізація короткострокових режимів водосховищ одиночної ГЕС та каскаду гідростанцій. Ефективність використання гідроресурсів. Умови оптимального розподілу навантаження між ГЕС у каскаді.
Тема 13. Комплексна оптимізація короткострокових режимів гідротеплової енергосистеми
Постановка задачі оптимізації короткострокових режимів енергосистеми з ГЕС і ТЕС. Умови оптимального розподілу навантаження між гідроагрегатами та тепловими енергоблоками. Інтерпретація значення множника Лагранжа в задачі вибору оптимального складу агрегатів гідротеплової енергосистеми. Алгоритм комплексної оптимізації короткострокового режиму гідротеплової енергосистеми з урахуванням стану водосховища.
Тема 14. Комплексна оптимізація короткострокових режимів енергосистеми з відновлювальними джерелами енергії
Постановка задачі комплексної оптимізації короткострокових режимів енергосистеми з різними типами електростанцій. Алгоритм комплексної оптимізації короткострокового режиму гідротеплової енергосистеми, до складу якої входять відновлювальні джерела енергії.

Теми практичних занять

Тема 1. Рішення оптимізаційних задач за допомогою «Пошук рішення» MS Excel.
Тема 2. Графічне розв'язання двомірних задач ЛП за варіантами.
Тема 3. Складання математичних моделей та розв'язання за допомогою «Пошук рішення» MS Excel прямої та двоїстої розподільчої задачі ЛП за варіантами.
Тема 4. Складання математичної моделі та розв'язання за допомогою «Пошук рішення» MS Excel задачі диспетчеризації постачання палива на теплові електростанції за варіантами.
Тема 5. Розв'язання за допомогою «Пошук рішення» MS Excel задачі вибору оптимальної конфігурації передачі потужності від джерел до споживачів з урахуванням обмеження пропускної здатності ліній електропередачі та транзиту потужності за варіантами.
Тема 6. Розв'язання за допомогою «Пошук рішення» MS Excel задачі призначення робітників за видами робіт за варіантами.
Тема 7. Розв'язання за допомогою «Пошук рішення» MS Excel задачі визначення найкоротшого маршрутів огляду електротехнічних об'єктів та перевезення різних вантажів за варіантами.
Тема 8. Розв'язання за допомогою «Пошук рішення» MS Excel задачі планування екіпажів як приклада задачі комбінаторного пошуку.
Тема 9. Складання розрахункових математичних моделей задач оптимального розподілу компенсуючої потужності та пошуку оптимальних вузлів встановлення VAR-компенсаторів в радіальній мережі електропостачання та їх розв'язання за допомогою «Пошук рішення» MS Excel за варіантами.
Тема 10. Складання розрахункових математичних моделей задач оптимального розподілу компенсуючої потужності та пошуку оптимальних вузлів встановлення VAR-компенсаторів в магістральній та гібридній мережі електропостачання та їх розв'язання за допомогою «Пошук рішення» MS Excel за варіантами.
Тема 11. Складання розрахункових математичних моделей задач вибору оптимального складу агрегатів ТЕС та їх розв'язання за допомогою «Пошук рішення» MS Excel за варіантами.

Тема 12. Складання розрахункових математичних моделей задач оптимізації режиму теплової енергосистеми з урахуванням обмежень на генеруючу потужність і втрат потужності в мережі та їх розв'язання за допомогою «Пошук рішення» MS Excel за варіантами.
Тема 13. Складання розрахункової математичної моделі задачі комплексної оптимізації короткострокового режиму теплової енергосистеми з урахуванням обмежень на генеруючу потужність і втрат активної та реактивної потужності в мережі та її розв'язання за допомогою «Пошук рішення» MS Excel за варіантами.
Тема 14. Складання розрахункової математичної моделі задачі оптимізації короткострокового режиму гідротеплової енергосистеми за активною потужністю з урахуванням обмежень на генеруючу потужність та її розв'язання за допомогою «Пошук рішення» MS Excel за варіантами.
Тема 15. Складання розрахункової математичної моделі задачі комплексної оптимізації добового режиму гідротеплової енергосистеми за активною потужністю з урахуванням обмежень на генеруючу потужність і втрат потужності в мережі та її розв'язання за допомогою «Пошук рішення» MS Excel за варіантами.
Тема 16. Складання розрахункової математичної моделі задачі оптимізації добового режиму енергосистеми з ТЕС та ФЕС/ВЕС за активною потужністю з урахуванням обмежень на генеруючу потужність і втрат потужності в мережі та її розв'язання за допомогою «Пошук рішення» MS Excel за варіантами.

Теми лабораторних робіт

Не передбачені

Самостійна робота

Теми для самостійної роботи
Тема 1. Математичне програмування. Склад та етапи розробки математичної моделі. Класифікація оптимізаційних задач за різними параметрами.
Тема 2. Задачі лінійного програмування, їх класифікація та методи їх розв'язування.
Тема 3. Одноіндексні, двохіндексні та булеви задачі лінійного програмування.
Тема 4. Задачі нелінійного програмування. Градієнтні методи розв'язування нелінійних оптимізаційних задач. Метод Лагранжа.
Тема 5. Оптимізаційні задачі зниження втрат активної потужності в розподільчих електромережах за рахунок компенсації споживаної реактивної потужності.
Тема 6. Оптимізаційні задачі внутрішньостанційних режимів теплової електричної станції. Залежні і незалежні характеристики режиму. Характеристики основного енергетичного обладнання ТЕС. Характеристики відносних приростів.
Тема 7. Оптимізаційні задачі режимів теплових енергосистем.
Тема 8. Оптимізаційні задачі довго- та короткострокових режимів гідротеплових енергосистем.
Тема 9. Оптимізаційні задачі короткострокових режимів енергосистем, до складу яких входять відновлювані джерела енергії.

Розрахункове завдання:
За допомогою надбудови «Пошук рішення» MS Excel, визначити оптимальний добовий режим гідротеплової енергосистеми, до одного з вузлів якої підключена фотоелектрична станція за варіантами.

Література та навчальні матеріали

Основна література:
1. Лисенко Л.І, Махотіло К.В. Методичні вказівки до практичних занять за темою «Вирішення завдань лінійної оптимізації засобами електронних таблиць Microsoft Excel» з курсу «Оптимізаційні проблеми енергозбереження і САПР», модуль «Оптимізаційні задачі енергозбереження» для студентів спеціальностей 7.000008, 8.000008 «енергетичний менеджмент». Харків, НТУ « ХПІ» , 2010 р, 152с.
2. Lysenko L., Makhotilo K., Chekashyna H. Optimization Problems of Power System Economic Dispatch. Study Guide for Practical Classes in the discipline “Optimization Problems of Power Engineering” for

students of specialty 141 “Electric Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics” of English Educational Program. ФОП Панов А.М., 2021, 130 с.
3. Жильцов О. Б. Математичне програмування (з елементами інформаційних технологій): Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / О. Б. Жильцов, В. Р. Кулян, О. О. Юнькова; За ред. О. О. Юнькової. — 2-ге вид., стереотип. — К. : ДП «Видавничий дім «Персонал», 2008. — 184 с. : іл. — Бібліогр. : 181с. Електронний ресурс. Код доступу: https://maup.com.ua/assets/files/lib/book/p10_11.pdf
4. Журахівський А.В., Яцейко А.Я. Оптимізація режимів електроенергетичних систем. Навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. – 140 с. Електронний ресурс: djvu файл. Код доступу: https://ua1lib.org/book/3240257/815e7a
5. Allen J. Wood, Bruce F. Wollenberg, Gerald B. Sheble. Power Generation, Operation, and Control. 3rd Edition. IEEE, WILEY, 2014. – 632 p. – Електронний ресурс. Код доступу: https://www.techbooksyard.com/power-generation-operation-and-control-3rd-edition-by-allen-j-wood-and-bruce-f-wollenberg-and-gerald-b-sheble/
6. Jezhong Zhu. Optimization of Power System Operation. IEEE Press Series on Power Engineering, WILEY, 2009. – 603 p. – Електронний ресурс. Код доступу: https://www.academia.edu/22979662/_IEEE_Press_Series_on_Power_Engineering_Jizhong_Zhu_Optimization_of_Power_System_Operation_Wiley_IEEE_Press_2015_

Додаткова література:
1. Милосердов В.О. Терешкевич Л.Б. *Алгоритмізація оптимізаційних задач енергетики*. Навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2004. 122с. – Електронний ресурс: : pdf. Код доступу: https://ua1lib.org/book/3143244/ee2f60
2. Andreas Antoniou, Wu-Sheng Lu. Practical Optimization: Algorithms and Engineering Application. Springer Science+Business Media, LLC, 2007. –669 p. – Електронний ресурс. Код доступу: https://www.academia.edu/42865322/Antoniou_Practical_Optimization_Algorithms_and_Engineering_Applications_Springer_2007_
3. M. E. El-Hawary, G. S. Christensen. Optimal economic operation of electric power systems. – New York : Academic Press, 1979. – 278 p. Електронний ресурс. Код доступу: https://www.engineeringbookspdf.com/optimal-economic-operation-of-electric-power-systems-by-m-e-el-hawary-and-g-s-christensen_11301
4. Excel Easy. Електронний ресурс. Код доступу: https://www.excel-easy.com/data-analysis/solver.html

Система оцінювання

Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

Остаточна оцінка складається з:
30 балів за поточне тестування,
18 балів за виконання та захист розрахункового завдання,
32 бали 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	28.08.23		Завідувач кафедри Олександр ЛАЗУРЕНКО
	28.08.23		Гарант ОП Костянтин МАХОТІЛО