

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В ІНЖЕНЕРНИХ РОЗРАХУНКАХ

конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ОПП
«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141
«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної форми здобуття
вищої освіти

Миколаїв

2025

Рекомендовано до друку науково-методичною комісією інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету від 18.04.2025, протокол № 8

Укладачі:

Мартиненко Володимир Олександрович - кандидат технічних наук, доцент, кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

Рецензенти:

Садовий О. С. – завідувач кафедри агроінженерії, кандидат технічних наук, доцент;

Грубань В. А. – завідувач кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і технічного сервісу, кандидат технічних наук, доцент.

© Миколаївський національний
аграрний університет, 2025

ЗМІСТ

Вступ	4
Лекція 1: Вступ до програмного забезпечення в інженерних розрахунках	5
Лекція 2: Основи роботи з математичними пакетами для інженерних розрахунків	9
Лекція 3: Методи числових розрахунків у програмному забезпеченні	14
Лекція 4: Моделювання та симуляція в інженерії з використанням Simulink	18
Лекція 5: Пошукові та оптимізаційні алгоритми в інженерних розрахунках	22
Лекція 6: Програмне забезпечення для аналізу електричних мереж	25
Лекція 7: Моделювання електричних та енергетичних систем	28
Лекція 8: Методи аналізу енергетичних процесів у програмному забезпеченні	32
Лекція 9: Програмне забезпечення для аналізу теплотехнічних та гідравлічних систем	35
Лекція 10: Програмне забезпечення для проектування та аналізу енергетичних установок	38
Лекція 11: Програмне забезпечення для автоматизованого контролю і управління енергетичними системами	42
Лекція 12: Математичні моделі в програмному забезпеченні для прогнозування енергетичних потоків	46
Лекція 13: Використання програмного забезпечення для екологічних розрахунків у енергетичних системах	50
Лекція 14: Системи автоматизації проектування та аналізу енергетичних систем (САПР)	53
Лекція 15: Розрахунки за допомогою програмного забезпечення в галузі відновлюваних джерел енергії	57
Лекція 16: Програмне забезпечення для моніторингу і керування енергетичними системами	60
Лекція 17: Аналіз та оптимізація в роботі енергетичних установок з використанням ПЗ	63
Лекція 18: Підсумкове заняття: програмне забезпечення в інженерії: тенденції та майбутнє	67
Список використаних джерел	71

ВСТУП

У сучасному світі, що стрімко розвивається, ефективність інженерної діяльності дедалі більше залежить від рівня впровадження сучасних інформаційних технологій. Програмне забезпечення стало одним з ключових інструментів для виконання інженерних розрахунків, моделювання складних систем, оптимізації технічних рішень та забезпечення високої точності і надійності результатів. Зокрема, у галузях електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, програмні засоби відіграють вирішальну роль у процесах проєктування, аналізу та експлуатації складних технічних об'єктів.

Метою дисципліни «Програмне забезпечення в інженерних розрахунках» є формування у здобувачів першого (бакалаврського) рівня освіти системного уявлення про можливості та особливості використання різноманітних програмних продуктів для розв'язання інженерних задач у професійній діяльності. Студенти повинні оволодіти навичками застосування спеціалізованого ПЗ для виконання інженерних розрахунків, обробки великих масивів даних, розробки математичних моделей технічних процесів та об'єктів, візуалізації результатів моделювання, аналізу ефективності технічних рішень.

Конспект лекцій присвячений огляду теоретичних основ, методів і практичних підходів до використання програмних засобів в інженерних розрахунках. У ньому розглядаються як загальні питання чисельного моделювання, методи розв'язання лінійних та нелінійних рівнянь, так і специфічні аспекти застосування ПЗ для аналізу електротехнічних та електроенергетичних систем. Особливу увагу приділено таким системам автоматизованого проєктування, як MATLAB, Simulink, Mathcad, ANSYS, ETAP, а також сучасним трендам цифровізації та впровадженню технологій штучного інтелекту та хмарних обчислень в інженерну практику.

Матеріал подано у формі послідовного розвитку теми, що дозволяє здобувачам не тільки отримати фундаментальні знання, але й набути практичних навичок роботи з інженерними програмними комплексами. Це дозволить майбутнім фахівцям більш впевнено орієнтуватися у сучасному цифровому середовищі, ефективно вирішувати професійні завдання і брати активну участь у розвитку інноваційних технологій у сфері електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

Лекція 1: ВСТУП ДО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В ІНЖЕНЕРНИХ РОЗРАХУНКАХ

1. Значення програмного забезпечення (ПЗ) в інженерних розрахунках

Роль програмного забезпечення у сучасній інженерії

Програмне забезпечення (ПЗ) стало важливим інструментом для інженерів у всіх галузях, особливо в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці. Воно дозволяє автоматизувати складні процеси проектування, розрахунків і симуляцій, що є критично важливим для ефективної роботи інженера.

У сучасній інженерії ПЗ використовується для:

- Моделювання фізичних процесів, що дозволяє отримувати точні результати, базуючись на математичних рівняннях, що описують реальні явища.
- Оптимізації проектів, що дозволяє знаходити найкраще рішення для розподілу ресурсів, зниження витрат і покращення ефективності систем.
- Технічних розрахунків, що включають розрахунки напруги, струмів, навантажень у електричних ланцюгах, а також розрахунки теплотехнічних і гідравлічних систем.
- Моделювання і симуляції для оцінки поведінки систем у різних умовах і під час експлуатації, що дозволяє запобігати аваріям і непередбачуваним ситуаціям.
- Управління проектами: автоматизація процесів управління проектами та контролю за виконанням, а також аналіз ризиків.

Роль ПЗ зростає, оскільки інженерні системи стають все більш складними, а вимоги до їх точності і ефективності збільшуються. Завдяки використанню ПЗ можна скоротити час на виконання розрахунків, знизити ймовірність помилок і підвищити якість кінцевого результату.

Види програмного забезпечення: загального призначення та спеціалізоване для інженерних задач

Програмне забезпечення можна поділити на два основні види:

1. Програми загального призначення – це універсальні програмні пакети, які мають широке застосування і використовуються в різних сферах діяльності. До таких програм можна віднести:
 - Microsoft Excel – для табличних обчислень, побудови графіків, виконання простих математичних операцій.
 - Mathematica – для проведення складних математичних розрахунків, побудови графіків, символічних обчислень.
 - Python – мова програмування, яка завдяки своїй простоті і гнучкості часто використовується для створення програмних рішень в інженерії.

2. Спеціалізоване програмне забезпечення – це програмні пакети, розроблені для вирішення специфічних інженерних задач. Вони містять інструменти і методи, оптимізовані для вирішення задач в конкретних галузях інженерії. До таких програм належать:

- PSS/E (Power System Simulator for Engineering) – програмне забезпечення для аналізу і моделювання енергетичних систем.
- Simulink – середовище для моделювання і симуляції динамічних систем в електротехніці та інших галузях інженерії.
- ANSYS – програмне забезпечення для чисельного моделювання механічних, термічних, електричних і рідинних систем.
- MATLAB – науково-технічний програмний пакет для проведення чисельних розрахунків і моделювання.

Переваги використання ПЗ у порівнянні з традиційними методами розрахунків

Використання програмного забезпечення в інженерних розрахунках має низку переваг порівняно з традиційними ручними методами:

- Швидкість розрахунків: ПЗ дозволяє виконувати складні обчислення в мільйони разів швидше, ніж вручну. Це особливо важливо для задач, що вимагають числових методів, симуляцій чи оптимізації.
- Точність і зменшення помилок: Програмне забезпечення дозволяє уникнути помилок, пов'язаних з людським фактором, такими як помилки при калькулюванні, округленні чи копіюванні даних.
- Масштабованість: Завдяки ПЗ можна швидко адаптувати моделі до різних умов або змінювати параметри проекту без необхідності повторювати всі обчислення заново.
- Аналіз різних сценаріїв: ПЗ дає можливість проводити варіативні розрахунки з різними вхідними даними, що дозволяє порівняти можливі варіанти рішень і вибрати найкраще.
- Моделювання складних систем: Програмне забезпечення дає змогу моделювати складні фізичні і технічні процеси, які неможливо або надзвичайно важко відтворити вручну.

2. Класифікація програм для інженерних розрахунків

Інженерне програмне забезпечення можна класифікувати за кількома критеріями, включаючи складність програм, типи задач, для яких вони використовуються, а також функціональні можливості.

Просте і складне ПЗ

1. Просте ПЗ – це програмне забезпечення, яке застосовується для виконання базових інженерних розрахунків. Вони здебільшого виконують стандартні функції і не потребують спеціальних знань від користувача. Прикладом простого ПЗ є:

- Microsoft Excel (для простих розрахунків, складання таблиць і побудови графіків).
 - Geogebra (для математичних побудов).
2. Складне ПЗ – це спеціалізовані програми, які використовуються для розв’язування складних інженерних задач, таких як моделювання складних систем, оптимізація, чи числове моделювання. До складного ПЗ відносяться:
- ANSYS (для механічних та термічних розрахунків).
 - MATLAB/Simulink (для моделювання динамічних систем).
 - PSS/E (для аналізу електричних мереж).

Програмне забезпечення для числових методів, моделювання, оптимізації

1. Числові методи – це методи, що використовуються для числового розв’язування рівнянь та інших математичних задач, які не можуть бути розв’язані аналітично. ПЗ для числових методів включає:
- MATLAB (для розв’язання числових рівнянь, інтегралів, диференціальних рівнянь).
 - Mathematica (для чисельних та символьних обчислень).
2. Моделювання – використовується для створення моделей фізичних та технічних систем. Таке ПЗ дозволяє симулювати різні сценарії для аналізу поведінки систем.
- Simulink (для моделювання динамічних систем).
 - ANSYS (для моделювання механічних, електричних та термічних процесів).
3. Оптимізація – застосовується для пошуку найкращих рішень для складних задач. Програмне забезпечення для оптимізації використовується для пошуку оптимальних параметрів у проектуванні або для ефективного розподілу ресурсів.
- MATLAB (для реалізації алгоритмів оптимізації).
 - GAMS (система для вирішення задач лінійного і нелінійного програмування).

3. Основні типи програм для інженерних розрахунків

Лінійне і нелінійне програмне забезпечення

1. Лінійне ПЗ – використовується для задач, де між змінними існує лінійний зв’язок. В таких системах рівняння можна розв’язувати за допомогою стандартних лінійних методів.
- MATLAB (для лінійних розрахунків).
 - GAMS (для лінійного програмування).
2. Нелінійне ПЗ – використовується для задач з нелінійними рівняннями, де зв’язок між змінними складний і не може бути виражений лінійно.
- ANSYS (для нелінійного моделювання механічних і теплових процесів).
 - MATLAB (для вирішення нелінійних рівнянь).

Спеціалізовані пакети для електротехніки та енергетики

1. MATLAB/Simulink – ці програмні продукти широко використовуються для моделювання та симуляції електричних та електромеханічних систем, а також для розв’язування диференціальних рівнянь.
2. PSS/E – це спеціалізоване ПЗ для аналізу та моделювання енергетичних систем, яке дозволяє інженерам прогнозувати поведінку електричних мереж, аналізувати стійкість систем, виконувати розрахунки навантаження та перевірку аварійних ситуацій.
3. ETAP – програма для моделювання та управління енергетичними системами, включаючи розрахунки для мереж змінного і постійного струму.

4. Системи автоматизованого проектування (САПР) в інженерії

Системи автоматизованого проектування (САПР) – це програмні комплекси, які використовуються для автоматизації процесів проектування і технічних розрахунків. Вони дозволяють інженерам створювати проекти, моделювати системи, виконувати необхідні розрахунки і випускати креслення.

Основні характеристики САПР:

- Інтеграція: САПР об’єднує різні функції, такі як моделювання, аналіз, розрахунки, і проектування.
- Автоматизація процесів: автоматизація багатьох рутинних завдань, таких як перевірка проекту, створення документації, оптимізація.
- Гнучкість і масштабованість: можливість налаштування ПЗ для специфічних вимог проекту чи галузі.

Приклади САПР для електротехніки та енергетики:

- AutoCAD – широко використовується для проектування електричних схем і планів.
- Revit – програмне забезпечення для моделювання інформаційного моделювання будівель (BIM), яке включає в себе інструменти для проектування інженерних систем.
- EPLAN – ПЗ для проектування електричних схем та автоматизації електричних систем.

Таким чином, програмне забезпечення в інженерних розрахунках має величезне значення в сучасній технічній практиці. Використання ПЗ дозволяє значно підвищити ефективність проектування, зменшити час на виконання розрахунків і знизити ймовірність помилок. Завдяки різноманіттю спеціалізованих пакетів можна вибирати оптимальні інструменти для вирішення конкретних інженерних задач, будь то моделювання, оптимізація, чи аналіз складних систем.

Лекція 2: ОСНОВИ РОБОТИ З МАТЕМАТИЧНИМИ ПАКЕТАМИ ДЛЯ ІНЖЕНЕРНИХ РОЗРАХУНКІВ

1. Знайомство з Matlab

Основи синтаксису та структури Matlab

Matlab (Matrix Laboratory) є потужним програмним пакетом, спеціально розробленим для числових та математичних обчислень, що широко застосовується в інженерії, науці, економіці та техніці. Основна перевага Matlab полягає в його здатності працювати з великими обсягами даних та виконувати складні математичні операції над ними. Matlab також підтримує візуалізацію даних та дозволяє створювати графіки, що є важливим для інженерних розрахунків.

У Matlab дані представляються в основному у вигляді масивів (arrays), а основною структурною одиницею є матриця. Ось деякі основні аспекти синтаксису та структури мови Matlab:

1. Змінні та типи даних: У Matlab можна створювати змінні, використовуючи імена, що складаються з букв, цифр і підкреслень, але мають починатися з букви. Наприклад:

matlab

Копировать код

```
a = 5;      % Число
```

```
b = [1, 2, 3]; % Вектор
```

```
A = [1, 2; 3, 4]; % Матриця 2x2
```

Типи даних, з якими працює Matlab:

- Числові типи: цілі числа, числа з плаваючою комою.
 - Масиви: одно- та багатовимірні масиви (матриці).
 - Строки: текстові дані в лапках.
 - Логічні змінні: значення true або false.
2. Оператори: Matlab підтримує стандартні арифметичні операції (додавання, віднімання, множення, ділення), а також операції для роботи з масивами та матрицями:

- Операції над масивами виконуються поелементно:

matlab

Копировать код

```
A = [1, 2; 3, 4];
```

```
B = [5, 6; 7, 8];
```

```
C = A + B; % Сума матриць
```

```
D = A * B; % Множення матриць
```

3. Індеси та доступ до елементів масивів: Матриці та масиви в Matlab мають індексацію, що починається з 1. Доступ до елементів матриці здійснюється за допомогою індесів:
matlab

Копировать код

```
A = [1, 2, 3; 4, 5, 6];
```

```
a11 = A(1, 1); % Перший елемент
```

Введення даних, операції з матрицями

1. Введення даних: Введення даних у Matlab може здійснюватися через командний рядок або за допомогою спеціальних функцій. Наприклад:

- Для введення числових значень можна використовувати команду input:

matlab

Копировать код

```
x = input('Введіть число: ');
```

- Для завантаження даних із файлів використовуються функції load або csvread для файлів CSV.

2. Основи роботи з матрицями: Однією з основних особливостей Matlab є робота з матрицями. Операції з матрицями є основною складовою більшості інженерних розрахунків:

- Створення матриць:

matlab

Копировать код

```
A = [1 2 3; 4 5 6]; % Матриця 2x3
```

```
B = [7 8; 9 10; 11 12]; % Матриця 3x2
```

- Операції з матрицями:

- Транспонування матриці:

matlab

Копировать код

```
A_transpose = A';
```

- Множення матриць:

matlab

Копировать код

```
C = A * B;
```

- Поелементне множення матриць:

matlab

Копировать код

```
D = A .* B; % Якщо розміри матриць дозволяють
```

3. Функції для роботи з матрицями: Matlab має вбудовані функції для роботи з матрицями:

- $\det(A)$: обчислює визначник матриці.
- $\text{inv}(A)$: обчислює обернену матрицю.
- $\text{eig}(A)$: обчислює власні значення та власні вектори матриці.

Основні математичні функції

Matlab містить великий набір вбудованих математичних функцій для виконання різноманітних розрахунків. До таких функцій належать:

- Алгебраїчні функції:
 - $\sin(x)$, $\cos(x)$, $\tan(x)$ – тригонометричні функції.
 - $\exp(x)$ – експонента.
 - $\log(x)$, $\log_{10}(x)$ – логарифм.
 - $\text{sqrt}(x)$ – квадратний корінь.
 - $\text{abs}(x)$ – модуль числа.
- Числові функції:
 - $\text{sum}(A)$ – сума елементів масиву чи матриці.
 - $\text{prod}(A)$ – добуток елементів масиву чи матриці.
 - $\text{mean}(A)$ – середнє значення елементів.
 - $\text{std}(A)$ – стандартне відхилення елементів.
- Матричні функції:
 - $\text{rank}(A)$ – ранг матриці.
 - $\text{trace}(A)$ – слід матриці (сума її діагональних елементів).
 - $\text{svd}(A)$ – сингулярне розкладання матриці.

2. Використання Matlab для розв'язування інженерних задач

Рішення систем лінійних рівнянь

Одним з основних завдань в інженерії є розв'язування систем лінійних рівнянь. У Matlab для цього існує кілька методів:

1. ****Метод Гауса (елімінування) і функція ******: Для розв'язування систем лінійних рівнянь виду $Ax=b$, де A – це матриця коефіцієнтів, а b – вектор правих частин, у Matlab можна використовувати оператор "обернення матриці":

matlab

Копировать код

$A = [2, -1; 1, 3];$

$b = [1; 7];$

$x = A \setminus b;$

Оператор ****** ефективно знаходить розв'язок системи, застосовуючи методи розв'язування лінійних рівнянь, такі як метод Гауса.

2. Метод Крамера: Для маленьких систем можна застосувати метод Крамера, використовуючи функцію `det(A)` для обчислення визначників:

matlab

Копировать код

```
det_A = det(A); % Обчислення визначника матриці A
```

3. Метод оберненої матриці: Для вирішення системи також можна використати обернену матрицю, якщо її існує:

matlab

Копировать код

```
x = inv(A) * b; % Не рекомендується для великих матриць через обчислювальну складність
```

Числові інтеграли і диференціали

Matlab є потужним інструментом для обчислення числових інтегралів і диференціалів.

Він пропонує різні функції для цієї мети:

1. Числовий інтеграл: Для числового обчислення інтегралів використовують функцію `integral`:

matlab

Копировать код

```
f = @(x) x.^2; % Визначаємо функцію  
result = integral(f, 0, 1); % Інтеграл від 0 до 1
```

2. Числове диференціювання: Для числового обчислення похідних можна використовувати функцію `diff`:

matlab

Копировать код

```
x = [1, 2, 3, 4];  
y = [1, 4, 9, 16];  
dy = diff(y)./diff(x); % Перша похідна
```

3. Рішення диференціальних рівнянь: Для розв'язування диференціальних рівнянь (звичайних або частинних) використовується функція `ode45` для чисельного розв'язку:

matlab

Копировать код

```
f = @(t, y) -2 * y;  
[T, Y] = ode45(f, [0 5], 1); % Рішення диференціального рівняння
```

Візуалізація даних: графіки та діаграми

Одна з ключових переваг Matlab — це його можливості для візуалізації даних. Для інженерів візуалізація є важливим інструментом для аналізу результатів розрахунків та для презентації даних.

1. Графіки функцій: Для побудови графіків використовується функція `plot`:

```
matlab
```

Копировать код

```
x = 0:0.1:10;
```

```
y = sin(x);
```

```
plot(x, y); % Побудова графіка
```

2. 3D графіки: Для побудови тривимірних графіків використовуються функції `mesh`, `surf` та інші:

```
matlab
```

Копировать код

```
[X, Y] = meshgrid(-5:0.5:5, -5:0.5:5);
```

```
Z = X.^2 + Y.^2;
```

```
surf(X, Y, Z); % Побудова 3D поверхні
```

3. Діаграми: Matlab дозволяє будувати різні типи діаграм для представлення даних:

- Стандартні діаграми:

```
matlab
```

Копировать код

```
bar([1, 2, 3]); % Стовпчаста діаграма
```

```
pie([1, 2, 3]); % Кругова діаграма
```

- Гістограми:

```
matlab
```

Копировать код

```
histogram(randn(1000,1)); % Побудова гістограми
```

Використання Matlab для інженерних розрахунків є важливою частиною роботи інженера, оскільки воно дозволяє швидко та ефективно виконувати математичні операції, розв'язувати складні задачі та візуалізувати результати. Знання основ синтаксису та структури Matlab, а також навички використання його для розв'язання реальних інженерних задач є необхідними для будь-якого інженера, який працює в сучасній технічній сфері.

Лекція 3: МЕТОДИ ЧИСЛОВИХ РОЗРАХУНКІВ У ПРОГРАМНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ

1. Чисельні методи розв'язування рівнянь

Чисельні методи є потужним інструментом для розв'язування математичних задач, особливо коли аналітичний розв'язок не існує або є занадто складним. Чисельні методи широко застосовуються в програмному забезпеченні, особливо в інженерії та науці, де необхідно виконувати складні обчислення. В цій лекції розглянемо основні чисельні методи розв'язування рівнянь, що використовуються в програмуванні, зокрема в Matlab.

1.1. Метод Гаусса

Метод Гаусса (або метод Гауса-Жордана) є одним з класичних методів для розв'язування систем лінійних рівнянь. Цей метод базується на використанні елементарних перетворень рядків (елімінування Гаусса) для приведення матриці системи до верхньої або діагональної форми, що значно спрощує розв'язок.

Алгоритм методу Гаусса:

1. Починаємо з матриці коефіцієнтів AAA та вектора правих частин bbb , що утворює систему лінійних рівнянь: $Ax=b$ $x = bAx=b$
2. Приводимо матрицю AAA до верхньої трикутної форми, використовуючи елементарні перетворення рядків: $\text{Рядок}_i \rightarrow \text{Рядок}_i - k \cdot \text{Рядок}_j$ $\text{Рядок}_i \rightarrow \text{Рядок}_i - k \cdot \text{Рядок}_j$
3. Після цього, розв'язуємо систему методом зворотного підстановлення, починаючи з останнього рядка.
4. Отримуємо розв'язок xxx .

У Matlab цей метод можна реалізувати за допомогою оператора зворотного поділу:

Matlab Копировать код $x = A \setminus b$;

Цей оператор використовує метод Гаусса для вирішення системи лінійних рівнянь.

1.2. Метод Ньютона

Метод Ньютона (або Ньютона-Рафсона) є ітераційним методом для знаходження коренів нелінійних рівнянь. Цей метод заснований на використанні лінійного наближення функції за допомогою її похідної. Метод Ньютона є дуже ефективним при умові, що наближення початкової точки достатньо точне.

Алгоритм методу Ньютона:

1. Початкове наближення x_0
2. Оновлення наближення за формулою: $x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}$
3. Процес повторюється до досягнення бажаної точності.

Приклад:

Для рівняння $f(x)=x^2-2=0$ $f(x) = x^2 - 2 = 0$ метод Ньютона можна реалізувати в Matlab:

matlab

Копировать код

```
f = @(x) x^2 - 2;      % Функція
df = @(x) 2*x;        % Похідна
x0 = 1;               % Початкове наближення
tol = 1e-6;           % Точність
max_iter = 100;       % Максимальна кількість ітерацій
for i = 1:max_iter
    x1 = x0 - f(x0) / df(x0);
    if abs(x1 - x0) < tol
        break;
    end
    x0 = x1;
end
```

1.3. Метод Ейлера і Рунге-Кутта

Чисельні методи для розв'язування диференціальних рівнянь широко застосовуються в інженерних розрахунках, оскільки багато технічних задач можна описати за допомогою таких рівнянь. Одними з найпоширеніших методів для розв'язування таких рівнянь є метод Ейлера та метод Рунге-Кутта.

Метод Ейлера:

Метод Ейлера є простим і швидким методом, який використовує лінійне наближення для вирішення звичайних диференціальних рівнянь (Оде). Він є методом першого порядку, тобто точність зростає пропорційно кроку.

Алгоритм методу Ейлера:

1. Для рівняння виду $\frac{dy}{dx} = f(x, y)$ розв'язок на кожному кроці обчислюється за формулою: $y_{n+1} = y_n + h \cdot f(x_n, y_n)$ де h — це крок інтегрування.

Приклад методу Ейлера:

Для рівняння $\frac{dy}{dx} = -2y$ з початковими умовами $y(0)=1$:

matlab

Копировать код

```
f = @(x, y) -2 * y;
```

```

h = 0.1; % Крок
x = 0:h:2; % Граничні умови
y = zeros(size(x)); % Ініціалізація вектора розв'язку
y(1) = 1; % Початкове значення
for i = 1:length(x)-1
    y(i+1) = y(i) + h * f(x(i), y(i));
end
plot(x, y);

```

Метод Рунге-Кутта:

Метод Рунге-Кутта (особливо четвертого порядку, який є найпоширенішим) є більш точним, ніж метод Ейлера. Він використовує більше точок для оцінки зміни функції на кожному кроці.

Алгоритм методу Рунге-Кутта:

1. Для рівняння $\frac{dy}{dx} = f(x, y)$ на кожному кроці використовуються наступні оцінки: $k_1 = h \cdot f(x_n, y_n)$
 $k_2 = h \cdot f(x_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{k_1}{2})$
 $k_3 = h \cdot f(x_n + \frac{h}{2}, y_n + k_2)$
 $k_4 = h \cdot f(x_n + h, y_n + k_3)$
 $y_{n+1} = y_n + \frac{1}{6} \cdot (k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)$

Приклад методу Рунге-Кутта:

matlab

Копировать код

```

f = @(x, y) -2 * y;
h = 0.1; % Крок
x = 0:h:2; % Граничні умови
y = zeros(size(x)); % Ініціалізація вектора розв'язку
y(1) = 1; % Початкове значення
for i = 1:length(x)-1
    k1 = h * f(x(i), y(i));
    k2 = h * f(x(i) + h/2, y(i) + k1/2);
    k3 = h * f(x(i) + h/2, y(i) + k2/2);
    k4 = h * f(x(i) + h, y(i) + k3);
    y(i+1) = y(i) + (k1 + 2*k2 + 2*k3 + k4) / 6;
end

```


plot(x, y);

2. Інтерполяція та апроксимація даних

Інтерполяція та апроксимація — це важливі методи обробки даних, які дозволяють знаходити наближені функції, що описують залежність між даними точками. Вони використовуються для побудови моделей, відсутніх даних, або згладжування шумних даних.

2.1. Лінійна та поліноміальна інтерполяція

Інтерполяція — це метод, який дозволяє знайти значення функції в точках, що знаходяться між заданими. Лінійна інтерполяція — це найпростіший метод, що дозволяє побудувати прямолінійну залежність між двома точками.

Лінійна інтерполяція:

Формула лінійної інтерполяції:

$$y = y_0 + \frac{(x - x_0)(y_1 - y_0)}{x_1 - x_0}$$

де x_0 і x_1 — сусідні точки, а y_0 і y_1 — відповідні значення функції.

Поліноміальна інтерполяція:

Для побудови полінома, який проходить через всі задані точки, використовується поліном Лагранжа або інтерполяція Ньютона.

Приклад лінійної інтерполяції в Matlab:

matlab

Копировать код

```
x = [0, 1, 2, 3]; % Вхідні дані
```

```
y = [0, 1, 4, 9]; % Вихідні дані
```

```
xq = 1.5; % Точка інтерполяції
```

```
yq = interp1(x, y, xq, 'linear'); % Лінійна інтерполяція
```

2.2. Сплайн-інтерполяція

Сплайн-інтерполяція використовує кусочно-гладкі поліноми для побудови функції, яка точно проходить через задані точки, але в кожному інтервалі має більшу гладкість. Найбільш популярний тип сплайну — це квадратичні сплайни та кубічні сплайни.

Кубічна сплайн-інтерполяція:

Цей метод використовує кубічні поліноми для інтерполяції даних точок і гарантує плавність першої та другої похідних на всіх інтервалах.

Приклад кубічної сплайн-інтерполяції в Matlab:

matlab

Копировать код

```
x = [0, 1, 2, 3];
```

y = [0, 1, 4, 9];

xx = 1.5;

yy = interp1(x, y, xx, 'spline'); % Кубічна сплайн-інтерполяція

3. Рішення диференціальних рівнянь у Matlab

Рішення диференціальних рівнянь є основним завданням у багатьох інженерних застосуваннях. В Matlab існує ряд потужних інструментів для розв'язування звичайних диференціальних рівнянь (Оде).

3.1. Рішення Оде з використанням ode45

Для чисельного розв'язку Оде в Matlab часто використовують функцію ode45, яка реалізує метод Рунге-Кутта 4-го порядку. Вона є однією з найпоширеніших для вирішення звичайних диференціальних рівнянь.

Приклад:

Розв'язок рівняння $dy/dx = -2y \frac{dy}{dx} = -2y$ з початковою умовою $y(0)=1$

matlab

Копировать код

f = @(t, y) -2 * y;

[t, y] = ode45(f, [0 5], 1); % Оде45 для розв'язку рівняння

plot(t, y); % Побудова графіку

Ця лекція дала змогу ознайомитися з основними числовими методами для розв'язування рівнянь та їх застосуванням у Matlab. Оволодіння цими методами є важливою складовою інженерних розрахунків і моделювання.

Лекція 4: МОДЕЛЮВАННЯ ТА СИМУЛЯЦІЯ В ІНЖЕНЕРІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ SIMULINK

1. Знайомство з Simulink

Simulink — це графічне середовище для моделювання та симуляції динамічних систем, яке інтегрується з MATLAB. Simulink дозволяє створювати моделі складних систем, використовуючи блоки, які з'єднуються між собою для створення математичних моделей. Це потужний інструмент для інженерів, особливо в таких галузях, як електроенергетика, механіка, автоматизація, обробка сигналів та багато інших.

1.1. Інтерфейс і основи моделювання

Інтерфейс Simulink складається з кількох основних елементів:

1. Блоки (Blocks): Блоки є основними одиницями в моделі Simulink. Кожен блок представляє окрему функцію або операцію, яку можна виконати в моделі. Блоки

можуть бути простими (наприклад, арифметичні операції) або складними (наприклад, моделювання складних електричних чи механічних систем).

2. Панель інструментів: Це панель, що містить усі необхідні інструменти для створення моделей, налаштування параметрів блоків і запуску симуляцій.
3. Блок-схеми: Основним методом представлення системи в Simulink є блок-схема, де блоки з'єднуються за допомогою ліній (сигнальних ліній), що визначають потік даних чи сигналів між компонентами.
4. Моделі: Коли блоки з'єднані в певній послідовності, створюється модель, яка може бути симульована для отримання числових результатів або для виведення графічних результатів (наприклад, графіків чи діаграм).
5. Конфігурація моделі: Модель може мати різні параметри симуляції, такі як час роботи, час дискретизації, тип інтегратора та інші.

1.2. Блоки та модулі в Simulink

Блоки в Simulink можна розділити на кілька категорій залежно від їхнього призначення.

Ось основні типи блоків:

1. Сигнальні блоки (Signal Blocks): Вони генерують або маніпулюють сигналами в моделі. Наприклад, Constant, Step, Sine Wave — це блоки, що генерують постійний сигнал, ступінчастий сигнал або синусоїду відповідно.
2. Математичні блоки (Mathematical Blocks): Ці блоки виконують різні математичні операції, такі як Sum, Product, Gain, Math Function, які можуть бути використані для моделювання динамічних систем.
3. Логічні блоки (Logical Blocks): Блоки для логічних операцій, таких як Logical Operator, Switch, Relational Operator, дозволяють створювати логічні вирази для управління моделями.
4. Блоки для динамічних систем (Dynamic Blocks): Ці блоки моделюють системи, що змінюються з часом, наприклад, Integrator, Transfer Function, State-Space.
5. Блоки вводу/виводу (Input/Output Blocks): Ці блоки використовуються для взаємодії моделі з іншими програмами або системами. Прикладом є Scope для виведення графічних результатів, To Workspace для передачі даних у MATLAB, From Workspace для імпорту даних з MATLAB.
6. Спеціалізовані блоки: Для специфічних інженерних задач у Simulink є спеціалізовані блоки, наприклад, для моделювання електричних ланцюгів, механічних систем, робототехніки, енергетичних систем, систем управління та інших.

Усі ці блоки можна комбінувати для створення складних моделей, що відображають реальні інженерні системи.

2. Моделювання електричних та механічних систем

Simulink дає можливість моделювати різноманітні інженерні системи, зокрема електричні та механічні. Це особливо корисно для дослідження поведінки таких систем до того, як здійснити фізичні експерименти або побудувати реальний прототип.

2.1. Моделювання ланцюгів постійного і змінного струму

В Simulink є блоки, які дозволяють створювати моделі електричних ланцюгів, зокрема для аналізу ланцюгів постійного та змінного струму. Моделювання електричних ланцюгів допомагає зрозуміти, як змінюються параметри системи під час роботи, та дозволяє оцінити їх характеристики без необхідності створювати фізичний ланцюг.

Моделювання ланцюга постійного струму

Ланцюг постійного струму зазвичай містить джерела напруги або струму, резистори, індуктивності та ємності. У Simulink можна використовувати такі блоки, як DC Voltage Source, Resistor, Inductor, Capacitor для побудови таких схем.

Пример моделі простого ланцюга постійного струму:

1. Вставити блок DC Voltage Source, який буде постачати постійну напругу в ланцюг.
2. Додати блоки Resistor, Inductor, Capacitor для моделювання елементів ланцюга.
3. З'єднати ці блоки в одну схему та запустити симуляцію для аналізу поведінки ланцюга з часом.

Моделювання ланцюга змінного струму

Для моделювання ланцюга змінного струму можна використовувати блоки, які моделюють джерела змінного струму, індуктивності, ємності та резистори. Важливою характеристикою для змінного струму є частота, амплітуда та фаза, які можуть бути налаштовані в параметрах блоків.

Для моделювання ланцюга змінного струму використовуються блоки, такі як AC Voltage Source, Inductor, Capacitor, Resistor, а також Scope для візуалізації результатів.

2.2. Механічні моделі: двигуни, трансформатори

Simulink також дозволяє моделювати механічні системи, включаючи різні механізми, двигуни та трансформатори, що є важливими елементами для інженерних розрахунків у галузі електроенергетики та автоматизації.

Моделювання електричних двигунів

В Simulink є спеціальні блоки для моделювання електричних двигунів, наприклад, DC Motor, AC Motor, Synchronous Machine, Induction Machine. Ці блоки використовуються для вивчення роботи двигунів в різних умовах.

Пример моделі для DC Motor:

1. Додати блок DC Motor для створення електричного двигуна.
2. Використати блоки Voltage Source, Resistor, Inductor для підключення джерела живлення та компонентів ланцюга.

3. Аналізувати роботу двигуна за допомогою блоку Scope, який дозволяє побудувати графік швидкості та крутного моменту двигуна в залежності від часу.

Моделювання трансформаторів

Для моделювання трансформаторів в Simulink використовуються спеціальні блоки Transformer. Трансформатори є ключовими елементами в електричних системах, і їх точне моделювання дозволяє прогнозувати поведінку в реальних енергетичних системах.

Пример моделі трансформатора:

1. Додати блок Transformer, що моделює трансформатор з заданими характеристиками.
2. Підключити блоки джерел живлення та споживачів енергії для аналізу передачі потужності.

3. Застосування Simulink для розрахунку в енергетичних системах

Simulink широко використовується для моделювання та аналізу енергетичних систем, таких як розподіл енергії, стабільність систем, автоматизація та керування енергетичними процесами.

3.1. Моделювання енергетичних систем

Simulink дозволяє створювати складні моделі енергетичних систем, включаючи трансформатори, генератори, мережі передачі електроенергії, споживачів та системи управління. Це особливо важливо для розрахунку параметрів систем, аналізу їхньої стабільності, ефективності, а також для оптимізації розподілу енергії.

3.2. Системи автоматизованого управління енергетичними процесами

У енергетичних системах важливу роль відіграє автоматизація та управління процесами. Simulink дозволяє моделювати системи управління, такі як регулювання потужності, автоматичне включення та вимикання енергетичних блоків, стабілізація частоти та напруги в мережах.

3.3. Моделювання складних систем

Для моделювання таких складних систем, як гібридні енергетичні установки, відновлювальні джерела енергії (сонячні батареї, вітряки), Simulink надає спеціалізовані блоки для побудови таких моделей, включаючи системи зберігання енергії (акумулятори, суперконденсатори).

Моделювання та симуляція в Simulink є потужними інструментами для інженерів і дослідників. За допомогою цього середовища можна створювати складні моделі для вивчення поведінки різних систем, виконувати чисельні розрахунки та аналізувати результати. Simulink дає змогу не лише ефективно моделювати електричні та механічні системи, але й вирішувати завдання, пов'язані з енергетичними системами, їх стабільністю, управлінням та оптимізацією.

Лекція 5: ПОШУКОВІ ТА ОПТИМІЗАЦІЙНІ АЛГОРИТМИ В ІНЖЕНЕРНИХ РОЗРАХУНКАХ

1. Алгоритми пошуку і оптимізації

В інженерії оптимізація та пошукові алгоритми є важливими інструментами для вирішення складних задач, де необхідно знайти найкраще рішення серед великої кількості варіантів. Алгоритми оптимізації використовуються для зменшення витрат, максимізації ефективності та досягнення бажаних результатів при обмежених ресурсах. У цій лекції ми зосередимося на двох основних підходах до оптимізації: градієнтному спуску та генетичних алгоритмах.

1.1. Алгоритм градієнтного спуску

Алгоритм градієнтного спуску є одним з найпоширеніших методів для знаходження мінімумів функцій. Він широко застосовується в задачах оптимізації, де потрібно мінімізувати функцію за допомогою поступових наближень. Градієнтний спуск застосовується в найрізноманітніших сферах, від машинного навчання до інженерних розрахунків.

Основні ідеї градієнтного спуску

Алгоритм градієнтного спуску базується на ідеї поступового руху в напрямку найшвидшого зниження функції. Якщо функція $f(x)$ є мінімізованою, то градієнт цієї функції в точці x , позначений $\nabla f(x)$, вказує напрямок найбільшого збільшення функції. Для знаходження мінімуму ми рухаємося в напрямку, протилежному градієнту.

1. Починаємо з початкової точки x_0 .
2. Оновлюємо точку за допомогою кроку: $x_{n+1} = x_n - \alpha \nabla f(x_n)$, де α — це величина кроку (швидкість навчання або крок спуску), а $\nabla f(x_n)$ — це градієнт функції в точці x_n .

Вибір параметра кроку α

Одним з ключових аспектів алгоритму є вибір величини кроку α , яка визначає швидкість руху до мінімуму. Якщо α занадто велике, алгоритм може "перескочити" через мінімум. Якщо α занадто мале, алгоритм буде рухатися дуже повільно, що може значно збільшити час знаходження рішення.

Види градієнтного спуску

1. Одинарний (batch) градієнтний спуск: Обчислення градієнту виконується за всіма даними на кожному кроці. Це може бути дуже повільно для великих наборів даних.
2. Стохастичний градієнтний спуск (SGD): Тут градієнт обчислюється лише для однієї вибірки на кожному кроці. Це дає змогу значно прискорити процес, хоча й може призвести до більших коливань у процесі оптимізації.

3. Міні-батч градієнтний спуск: Це варіант, де обчислення градієнту здійснюється для підмножини даних (міні-батча), що дозволяє знайти баланс між швидкістю та точністю. Застосування градієнтного спуску в інженерних розрахунках

У багатьох інженерних задачах, зокрема в механіці, фізиці та енергетичних системах, для оптимізації різних параметрів можуть бути використані методи градієнтного спуску. Наприклад, у задачах оптимізації процесів енергоспоживання або проектування конструкцій можна застосовувати цей метод для пошуку оптимальних параметрів (наприклад, максимальна ефективність при мінімальних витратах енергії).

1.2. Генетичні алгоритми для оптимізації розрахунків

Генетичні алгоритми є класом алгоритмів оптимізації, що засновані на принципах природного відбору та еволюції. Ці алгоритми дуже ефективні при вирішенні задач, де простір пошуку величезний і складно визначити аналітичне розв'язання.

Основні принципи генетичних алгоритмів

1. Популяція: Генетичний алгоритм починається з випадкової популяції потенційних рішень. Кожне рішення в популяції є хромосомою, що представляє собою можливий набір значень змінних задачі.
2. Оцінка (фітнес-функція): Кожному рішенню призначається "фітнес" — числова оцінка, яка визначає, наскільки добре це рішення вирішує задачу.
3. Схрещування (кросовер): Два "батьки" (дві хромосоми) комбінують свою інформацію, утворюючи нову хромосому — "потомка". Цей процес схожий на природний процес схрещування, що дозволяє отримати нові можливості для пошуку рішення.
4. Мутація: Іноді деякі "нащадки" зазнають мутації, що полягає в випадковій зміні частини хромосоми, щоб забезпечити більшу варіативність і уникнути потрапляння в локальні мінімуми.
5. Вибір: Після кожного покоління відбираються кращі рішення для подальшого розмноження, а погані рішення відкидаються. Це дозволяє популяції з часом покращувати свою ефективність.

Переваги та недоліки генетичних алгоритмів

Переваги генетичних алгоритмів:

- Вони можуть вирішувати складні, багатофакторні задачі, де класичні методи оптимізації не працюють.
- Генетичні алгоритми добре працюють у задачах з великою кількістю змінних і обмежень.
- Вони дозволяють знаходити глобальний оптимум у просторах з багатьма локальними мінімумами.

Недоліки:

- Генетичні алгоритми можуть бути дуже повільними, особливо при роботі з великою кількістю поколінь і хромосом.
- Вони потребують налаштування параметрів (розмір популяції, ймовірність схрещування, ймовірність мутації), що може бути складним завданням.

Застосування генетичних алгоритмів в інженерії

Генетичні алгоритми застосовуються для оптимізації в багатьох інженерних задачах.

Наприклад:

- Проектування структур (оптимізація геометрії конструкцій для мінімізації витрат матеріалів при збереженні міцності).
- Оптимізація енергетичних мереж, зокрема для пошуку оптимального розподілу навантаження між генераторами, що знижує витрати енергії.
- Процеси виробництва (оптимізація послідовності операцій для зменшення часу та витрат на виготовлення продукції).

2. Оптимізація в енергетичних системах

Оптимізація в енергетичних системах має вирішальне значення для забезпечення ефективного використання енергії, зменшення витрат та поліпшення стабільності системи. Це може включати різноманітні аспекти, від мінімізації витрат енергії до оптимального розподілу навантаження серед різних джерел енергії.

2.1. Мінімізація витрат енергії

Завдання мінімізації витрат енергії має велике значення в багатьох сферах, зокрема в енергетичних системах та промисловості. Оптимізація споживання енергії дозволяє знижувати витрати, покращувати економічні показники та зменшувати вплив на навколишнє середовище.

Основні підходи до мінімізації витрат енергії:

- Вибір ефективних джерел енергії: Наприклад, комбіноване використання відновлювальних джерел енергії та традиційних може значно знизити загальні витрати.
- Оптимізація роботи енергетичних систем: Наприклад, управління навантаженням у мережах, щоб мінімізувати витрати на передачу та зберігання енергії.
- Використання алгоритмів оптимізації для управління енергетичними процесами: застосування генетичних або градієнтних алгоритмів для оптимізації режимів роботи енергетичних установок (генераторів, турбін, трансформаторів).

2.2. Моделі оптимального розподілу навантаження

Оптимальне розподілення навантаження в енергетичних системах полягає в тому, щоб з мінімальними витратами енергії забезпечити потреби всіх споживачів. Це завдання є частиною більш широкої задачі управління енергетичними мережами, що включає в себе:

1. Оптимальний розподіл потужності серед генераторів: Завдання полягає в тому, щоб розподілити навантаження серед різних джерел енергії таким чином, щоб витрати були мінімальними, а стабільність системи збережена.
2. Управління енергетичними мережами: Для забезпечення оптимального розподілу потужності між джерелами та споживачами можна використовувати різні методи оптимізації, зокрема алгоритми градієнтного спуску або генетичні алгоритми.
3. Моделювання енергетичних мереж: Для розв'язування задач оптимізації важливо створити точні моделі енергетичних систем, що дозволяють прогнозувати ефективність різних сценаріїв розподілу навантаження.

Алгоритми пошуку та оптимізації відіграють ключову роль в інженерії, зокрема в енергетичних системах. Градієнтний спуск дозволяє ефективно мінімізувати функції та знаходити оптимальні рішення в багатьох задачах, а генетичні алгоритми дають змогу вирішувати складні завдання, де інші методи не працюють. Оптимізація в енергетичних системах дозволяє зменшити витрати енергії та покращити ефективність роботи всіх компонентів системи, забезпечуючи сталість і надійність енергетичних процесів.

Лекція 6: ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

Електричні мережі є складними інженерними системами, що включають численні компоненти, від генераторів до споживачів, з'єднаних у складну структуру. Їх правильний аналіз, проектування та оптимізація вимагають використання спеціалізованого програмного забезпечення для забезпечення надійної та ефективної роботи. У цій лекції ми розглянемо деякі з найпоширеніших програм для аналізу електричних мереж, методи оцінки стійкості та динаміки мереж, а також основи розрахунку навантажень і потужностей.

1. Огляд програм для аналізу електричних мереж

Сучасні інженери використовують спеціалізовані програми для моделювання, аналізу та управління електричними мережами. Однією з основних цілей є підвищення ефективності експлуатації мереж, зниження витрат на енергію та забезпечення стабільної та безпечної роботи.

1.1. PSS/E (Power System Simulator for Engineering)

PSS/E — це потужне програмне забезпечення, розроблене для моделювання та аналізу електричних мереж. Воно є одним з найбільш популярних інструментів серед інженерів-енергетиків, які займаються проектуванням та оптимізацією енергетичних мереж.

Основні можливості PSS/E:

- Аналіз стабільності: Програма дозволяє проводити динамічний аналіз стійкості мережі, включаючи симуляцію коротких замикань та аварійних ситуацій.

- Моделювання мережі: PSS/E підтримує широкий набір моделей елементів електричних мереж, таких як трансформатори, генератори, лінії передачі, споживачі, шини та інші компоненти.
- Оцінка навантаження: Програма може виконувати розрахунки режимів навантаження, включаючи розподіл потужності між генераторами та споживачами.
- Оптимізація мережі: PSS/E використовує різні алгоритми для оптимізації роботи енергетичних систем, зокрема, для пошуку оптимального розподілу навантаження.
- Моделювання динаміки мережі: Програма дозволяє моделювати зміни в роботі мережі з часом, що дає змогу прогнозувати поведінку системи при різних сценаріях, таких як аварії або збільшення навантаження.

1.2. PowerWorld

PowerWorld — це інше популярне програмне забезпечення для моделювання та аналізу електричних мереж. Воно використовується для широкого кола задач, від проектування нових електричних мереж до аналізу стабільності та оптимізації вже існуючих.

Основні можливості PowerWorld:

- Інтерфейс в реальному часі: PowerWorld надає графічний інтерфейс, який дозволяє інженерам взаємодіяти з моделями мережі в реальному часі, що робить процес аналізу та прийняття рішень значно зручнішим.
- Аналіз стійкості та динаміки: Програма підтримує аналіз стабільності системи, в тому числі при виникненні аварійних ситуацій.
- Візуалізація мережі: PowerWorld дозволяє створювати графічні моделі електричних мереж з різними рівнями деталізації, що полегшує розуміння структури мережі та її стану.
- Моделювання навантаження: Програма дає можливість виконувати розрахунки навантаження і перевірку відповідності потужності та споживаних навантажень, що дає можливість оптимізувати роботу мережі.

1.3. Побудова моделей електричних мереж

Моделювання електричних мереж є критично важливим для їх аналізу та оптимізації. Створення точних моделей мережі дозволяє інженерам передбачити можливі проблеми, оптимізувати навантаження та забезпечити стійкість роботи системи.

Моделі електричних мереж можуть бути різними за рівнем складності, в залежності від мети аналізу. Зазвичай вони включають:

- Моделі елементів мережі: до таких елементів відносяться лінії передачі, трансформатори, генератори, шини, розподільчі пристрої тощо.

- Моделі динамічних процесів: включають математичні моделі для оцінки стійкості мережі при виникненні аварій, таких як короткі замикання, втрати навантаження чи зміни в роботі генераторів.

Процес побудови моделі зазвичай починається з визначення основних компонентів мережі та їх параметрів, таких як напруга, потужність, опір, індуктивність та інші характеристики. Потім ці елементи з'єднуються в єдину модель, що дозволяє проводити необхідні розрахунки.

2. Аналіз стійкості та динаміки електричних мереж

2.1. Розрахунок стійкості електричних мереж

Стійкість електричних мереж визначається як здатність мережі відновлювати нормальний режим роботи після порушення, такого як коротке замикання, аварійне відключення генератора або інші екстремальні ситуації. Важливою частиною аналізу стійкості є пошук межі стійкості, коли мережа більше не може підтримувати свій нормальний режим через перенавантаження або нестабільність.

Типи аналізу стійкості:

1. Статичний аналіз стійкості: Використовується для оцінки стійкості в стаціонарних умовах. Це включає в себе оцінку режимів навантаження та здатність мережі витримувати зміни навантаження.
2. Динамічний аналіз стійкості: Це оцінка стійкості мережі в умовах зміни часу, коли мережа може зазнавати тимчасових змін потужності, навантаження чи аварій. Моделювання динамічних процесів дозволяє врахувати такі фактори, як час відновлення після аварії, стабільність генераторів, реакція споживачів і т. д.

2.2. Пошук можливих аварійних ситуацій

Аналіз можливих аварійних ситуацій є невід'ємною частиною оцінки стійкості мережі. Для цього використовуються чисельні методи, які дозволяють моделювати різні сценарії аварій і визначати можливі точки відмови.

Основні сценарії аварій можуть включати:

- Короткі замикання: Один з найпоширеніших типів аварій, що може спричинити значні пошкодження в електричній мережі. Моделювання коротких замикань дозволяє оцінити, як мережа відреагує на такі події, і забезпечити належний захист.
- Відключення генераторів: При відключенні генератора необхідно розрахувати, як це вплине на баланс потужності в мережі та чи зможе інша частина мережі компенсувати ці втрати.
- Перенавантаження ліній: Аналіз перенавантаження важливий для запобігання перегріву та пошкодження ліній передачі.

2.3. Методи розрахунку навантажень і потужностей

Розрахунок навантажень і потужностей в електричних мережах є основою для їх ефективної експлуатації. Це включає в себе визначення розподілу потужностей між генераторами, передачею електричної енергії через лінії та забезпечення споживачів.

Методи розрахунку:

1. Метод розподілу потужності: Він включає в себе використання рівнянь для обчислення оптимального розподілу потужності між різними генераторами та споживачами для досягнення максимального ефекту.
2. Метод потужностейкості: Застосовується для визначення максимально можливого навантаження на лінію передачі або трансформатор без перевищення їх технічних характеристик.
3. Метод розрахунку втрат потужності: Визначення втрат потужності у мережі дозволяє оцінити ефективність роботи енергетичної системи, а також знайти можливості для зменшення витрат на передачу енергії.

Програмне забезпечення для аналізу електричних мереж є важливим інструментом для інженерів, які працюють у сфері енергетики. Програми, такі як PSS/E та PowerWorld, дозволяють виконувати глибокий аналіз стійкості мереж, проводити моделювання аварійних ситуацій та оптимізувати розподіл потужності. Аналіз стійкості та динаміки мережі є важливою частиною розрахунків для забезпечення надійної та безпечної роботи електричних мереж, а методи розрахунку навантажень і потужностей дозволяють оптимізувати роботу енергетичних систем.

Лекція 7: МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

Енергетичні системи є основою функціонування сучасної цивілізації. Вони забезпечують передачу і розподіл енергії від джерел генерації до кінцевих споживачів. Моделювання таких систем є важливою частиною інженерних розрахунків, оскільки дозволяє оцінювати ефективність, стійкість, надійність та економічність роботи енергетичних мереж. В рамках цієї лекції ми розглянемо принципи побудови моделей генераторів і трансформаторів, а також методи моделювання навантажень і їх впливу на енергетичні системи.

1. Побудова моделей генераторів і трансформаторів

1.1. Структура і принципи роботи

1.1.1. Моделі генераторів

Генератори є основними джерелами електричної енергії в енергетичних системах. Вони перетворюють механічну енергію в електричну за допомогою електромагнітної індукції.

Існують різні типи генераторів, які використовуються в енергетичних системах, зокрема синхронні та асинхронні генератори.

- Синхронні генератори – це генератори, в яких обертання ротора відбувається з синхронною швидкістю, що відповідає частоті змінного струму в мережі. Вони використовуються для великих енергетичних систем і мають постійну частоту обертання.
- Асинхронні генератори – це генератори, в яких ротор обертається з відмінною від синхронної швидкістю. Вони зазвичай використовуються в малих системах або для генерації вітрової енергії.

Моделі генераторів в електричних мережах використовуються для того, щоб забезпечити адекватне моделювання їх поведінки в різних умовах роботи. Основними параметрами, які описують роботу генератора в моделі, є:

- Напруга генератора: Це величина, яка визначає електричну енергію, яку генерує генератор.
- Потужність генератора: Потужність може бути активною (реальною) та реактивною.
- Синхронна швидкість обертання: Для синхронних генераторів це ключовий параметр.
- Механічна потужність: Це потужність, що подається на ротор генератора.

Моделювання генераторів у програмних пакетах, таких як PSS/E або PowerWorld, зазвичай здійснюється через створення математичних моделей, які описують динаміку напруги, потужності та стійкість роботи генератора в мережі. Такі моделі використовуються для проведення розрахунків стійкості, пошуку аварійних режимів і оптимізації роботи енергетичної системи.

1.1.2. Моделі трансформаторів

Трансформатори є важливими компонентами енергетичних систем, оскільки вони дозволяють змінювати рівень напруги в мережі для ефективної передачі енергії. Моделі трансформаторів, як і генераторів, є необхідними для коректних розрахунків в електричних мережах.

- Принцип роботи трансформатора ґрунтується на електромагнітній індукції, при якій змінний струм у первинній обмотці створює змінне магнітне поле, що індукуює струм у вторинній обмотці. Це дозволяє змінювати рівень напруги в мережі без значних втрат потужності.
- Типи трансформаторів: Трансформатори можуть бути однофазними або трифазними, з різними рівнями потужності і конструктивними особливостями.

Моделювання трансформаторів в електричних мережах включає опис таких параметрів, як:

- Коефіцієнт трансформації: Визначає відношення між напругами на первинній та вторинній обмотках.

- Статичні та динамічні характеристики: Для точного моделювання необхідно враховувати не тільки статичні параметри, але й динамічні, зокрема характеристики трансформатора в умовах змінного навантаження та коротких замикань.
- Втрати потужності: Включають як втрати на обмотках, так і втрати на серцевині трансформатора.

У більш складних моделях трансформаторів також враховуються:

- Реактивна потужність: Реактивна потужність, що генерується чи споживається трансформатором, є важливою для розрахунків в енергетичних системах.
- Температурні ефекти: Втрати потужності можуть змінювати температуру трансформатора, що має значення для забезпечення безпеки і ефективності роботи системи.

1.2. Моделі для розрахунків в енергетичних системах

Моделювання генераторів і трансформаторів є важливим елементом для побудови загальної моделі енергетичної системи. У розрахунках енергетичних систем моделюються не лише окремі компоненти, а й їх взаємодія в рамках більш складних процесів, таких як:

- Розподіл потужності між різними генераторами.
- Оптимізація навантаження.
- Оцінка стійкості системи при різних видах аварій та відмов.

У цьому контексті генератори та трансформатори відіграють важливу роль у визначенні режиму роботи всієї енергетичної системи, що включає точне налаштування їх параметрів для забезпечення оптимальної роботи.

2. Моделювання навантаження та його вплив на систему

Навантаження є однією з основних змінних в енергетичних системах, і його правильне моделювання є критичним для забезпечення надійності та ефективності роботи мережі. У загальному випадку навантаження можна розглядати як сукупність споживачів, які отримують електричну енергію через систему розподілу.

2.1. Статичне і динамічне навантаження

2.1.1. Статичне навантаження

Статичне навантаження – це навантаження, яке залишається постійним протягом певного періоду часу. Таке навантаження характеризується сталими величинами потужності, які споживаються всіма підключеними споживачами. Наприклад, побутові прилади або промислові установки з постійним режимом роботи можуть бути моделями для статичних навантажень.

У розрахунках енергетичних систем статичне навантаження використовується для визначення середніх значень потужності, що споживається системою в певний період часу.

2.1.2. Динамічне навантаження

Динамічне навантаження є набагато складнішим для моделювання, оскільки воно змінюється в часі залежно від багатьох факторів, таких як зміни в роботі обладнання, аварійні ситуації або зміни умов експлуатації. Динамічні навантаження можуть бути спричинені коливаннями в попиті на електричну енергію, наприклад, внаслідок змінної інтенсивності виробництва або змін в поведінці споживачів.

Моделювання динамічного навантаження є необхідним для забезпечення стабільності роботи енергетичних систем, оскільки різкі зміни навантаження можуть призвести до аварій або нестабільності в мережі.

2.2. Алгоритми моделювання відхилень навантаження

Алгоритми моделювання відхилень навантаження дозволяють прогнозувати і враховувати вплив різких змін в потужності на роботу мережі. Основні типи таких алгоритмів включають:

- Метод Підіймання навантаження: використовується для оцінки того, як зміна навантаження в конкретній частині мережі вплине на інші частини системи.
- Метод динамічного моделювання: включає використання числових методів для моделювання коливань навантаження і розрахунку відповідних змін у генерації та передачі енергії.
- Методи адаптивного управління: використовуються для автоматичної корекції навантажень у разі відхилень від номінальних значень, наприклад, у випадку різкого збільшення споживання енергії в певних ділянках мережі.

2.3. Вплив навантаження на енергетичні системи

Навантаження має значний вплив на всі аспекти роботи енергетичних систем. Ось кілька ключових аспектів, які залежать від навантаження:

1. Баланс потужності: Зміни навантаження прямо впливають на баланс між споживаною і виробленою потужністю.
2. Енергетична ефективність: Правильне моделювання навантаження дозволяє оптимізувати роботу генераторів і трансформаторів, що знижує витрати енергії та втрати потужності.
3. Стійкість мережі: Різкі зміни в навантаженні можуть призвести до порушення стійкості системи, тому важливо правильно розраховувати реакцію мережі на відхилення в навантаженні.

Моделювання генераторів, трансформаторів і навантаження є ключовими аспектами для аналізу і оптимізації роботи енергетичних систем. Знання структури та принципів роботи основних елементів енергетичних мереж дає можливість створювати точні математичні моделі для розрахунків у різних умовах експлуатації систем. Статичне та динамічне

навантаження, а також алгоритми для прогнозування відхилень навантаження дозволяють забезпечити стабільність і ефективність роботи енергетичних мереж, що є критично важливим для забезпечення надійної та безперебійної подачі електричної енергії.

Лекція 8: МЕТОДИ АНАЛІЗУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ПРОГРАМНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ

Аналіз енергетичних процесів є основною складовою сучасних технологій для ефективного управління енергетичними системами. Сучасні електричні мережі є складними та інтегрованими системами, де точне моделювання і прогнозування енергетичних потоків, споживання енергії та втрат є критично важливими для забезпечення їх ефективної та надійної роботи. В рамках цієї лекції ми детально розглянемо методи аналізу енергетичних потоків у системах, а також прогнозування змін навантажень і енергетичних витрат.

1. Аналіз енергетичних потоків у системах

Аналіз енергетичних потоків в електричних мережах є ключовим етапом при проектуванні, експлуатації та оптимізації енергетичних систем. Він дозволяє забезпечити ефективне використання енергетичних ресурсів, оцінити надійність роботи системи та зменшити енергетичні витрати.

1.1. Методика аналізу потоків енергії в електричних мережах

Аналіз потоків енергії у електричних мережах включає вивчення розподілу потужності, енергетичних втрат, а також взаємодії між різними компонентами мережі: генераторами, трансформаторами, розподільчими пристроями, лініями передачі і споживачами. Для цього використовуються числові методи та спеціалізоване програмне забезпечення, таке як PSS/E, PowerWorld, DIgSILENT PowerFactory тощо.

Основні етапи та методи аналізу потоків енергії включають:

1.1.1. Моделювання електричної мережі

Перед початком аналізу необхідно створити модель електричної мережі, що включає:

- Генератори — джерела електричної енергії, які генерують потужність для живлення мережі.
- Трансформатори — пристрої для зміни рівня напруги, які дозволяють оптимізувати передачу енергії.
- Лінії передачі — елементи, що забезпечують передачу електричної енергії від генераторів до споживачів.
- Розподільчі пристрої — елементи, які розподіляють потужність по споживачах.
- Споживачі — елементи, які споживають електричну енергію, наприклад, промислові підприємства або побутові споживачі.

Моделювання кожного з елементів вимагає врахування їх характеристик, таких як потужність, напруга, опір, реактивна та активна потужність, а також фактори, які можуть впливати на роботу цих елементів у реальних умовах.

1.1.2. Розв'язання рівнянь потоку енергії

Для аналізу потоків енергії в електричних мережах використовуються різні математичні методи, зокрема:

- Метод розподілу потужності (Power Flow Analysis): Це основний метод для аналізу енергетичних потоків. Він дозволяє визначити розподіл активної і реактивної потужності по мережі, що є важливим для проектування та експлуатації енергетичних систем.
- Метод Гаусса-Зейделя: Це ітеративний метод для розв'язання системи нелінійних рівнянь, які виникають при моделюванні потоків енергії в мережах. Він часто використовується для аналізу стійкості мережі та виявлення можливих аварійних ситуацій.
- Метод Ньютона-Рафсона: Це більш точний метод порівняно з методом Гаусса-Зейделя і застосовується для складних енергетичних систем з великими розмірами і чисельними особливостями.

1.1.3. Оцінка енергетичних втрат

Одним з важливих аспектів аналізу потоків енергії є оцінка енергетичних втрат. Вони можуть виникати в різних частинах електричної мережі:

- Втрати на лініях передачі: Втрати в проводах, що викликані опором лінії.
- Втрати в трансформаторах: Це втрати енергії, які виникають внаслідок перетворення електричної енергії в теплоту в серцевинах трансформаторів.
- Втрати в розподільчих пристроях: Втрати енергії, які виникають через несправності, зношеність обладнання та інші фактори.

Аналіз енергетичних втрат важливий для оптимізації роботи енергетичної системи та зменшення витрат.

1.2. Прогнозування змін навантажень і споживання енергії

1.2.1. Моделювання навантаження в електричних мережах

Прогнозування змін в навантаженні є необхідним для правильного управління енергетичною системою. Навантаження електричної мережі змінюється залежно від часу доби, сезонних коливань, а також від зміни попиту на електричну енергію в окремих регіонах або секторах економіки.

Для прогнозування навантажень використовуються різні методи:

- Методи екстраполяції: Це прості методи прогнозування, які ґрунтуються на аналізі історичних даних про споживання енергії.

- **Методи машинного навчання:** Сучасні методи, що використовують алгоритми для прогнозування навантаження на основі великих обсягів даних. Вони можуть враховувати різноманітні фактори, такі як погода, святкові дні, економічні умови.
- **Аналіз часових рядів:** Цей метод дозволяє прогнозувати споживання енергії на основі трендів, які виявляються в часі, і є одним із найбільш точних для середньострокового прогнозування.

Прогнозування навантаження дозволяє ефективно управляти енергетичними ресурсами, уникати перевантажень і забезпечувати стабільність енергетичної системи.

1.2.2. Прогнозування змін споживання енергії

Зміни в споживанні енергії можуть бути спричинені різними факторами:

- **Зміни в економічній ситуації:** Наприклад, індустріалізація або впровадження нових енергетичних технологій може призвести до значних змін в споживанні енергії.
- **Погодні умови:** Температура, вологість та інші кліматичні фактори можуть суттєво впливати на споживання енергії, особливо в секторах, що залежать від кондиціонування повітря або опалення.
- **Зміни в поведінці споживачів:** Введення нових тарифів або зміна тарифної політики також можуть вплинути на рівень споживання.

Для прогнозування цих змін використовуються методи регресійного аналізу, часових рядів, а також сучасні методи, такі як глибоке навчання та штучні нейронні мережі.

2. Прогнозування втрачених потужностей і енергетичних витрат

Прогнозування втрат потужності і енергетичних витрат є важливим аспектом для планування роботи енергетичних систем і зниження операційних витрат.

2.1. Втрачені потужності

Втрати потужності в енергетичних системах можуть виникати внаслідок кількох факторів:

- **Втрати на передачу і трансформацію енергії:** Це втрати, пов'язані з перетворенням енергії через трансформатори і передачу по мережах.
- **Невідповідність між виробництвом і споживанням:** Втрата потужності може статися через нестабільність попиту або неефективне використання ресурсів.

Прогнозування втрат потужності дозволяє мінімізувати їх шляхом покращення ефективності мережі, заміни старого обладнання та оптимізації виробництва і розподілу енергії.

2.2. Енергетичні витрати

Енергетичні витрати є сумою витрат, які витрачаються на генерацію, передачу і розподіл електричної енергії. Це включає не тільки витрати на виробництво енергії, але й

витрати на підтримку системи в цілому, включаючи технічне обслуговування і оновлення обладнання.

Прогнозування енергетичних витрат здійснюється на основі історичних даних, а також з урахуванням майбутніх змін у технологіях, економічних умовах і попиті на енергію.

Аналіз енергетичних процесів у програмному забезпеченні є необхідним для забезпечення стабільної і ефективної роботи енергетичних систем. Методи аналізу потоків енергії дозволяють оцінювати розподіл потужності в мережах, мінімізувати втрати і забезпечити надійність системи. Прогнозування змін навантажень і споживання енергії є важливим інструментом для управління енергетичними ресурсами, а прогнозування втрат потужностей і енергетичних витрат допомагає знижувати операційні витрати та покращувати ефективність роботи енергетичних систем.

Лекція 9: ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ ТА ГІДРАВЛІЧНИХ СИСТЕМ

Аналіз теплотехнічних та гідравлічних систем є ключовим етапом при проектуванні, експлуатації та оптимізації багатьох інженерних систем, зокрема енергетичних установок, промислових підприємств, систем водопостачання, охолодження та обігріву. Програмне забезпечення для аналізу цих систем дозволяє точніше прогнозувати їх роботу, ефективніше використовувати енергетичні ресурси та забезпечувати належну безпеку при експлуатації. У цій лекції розглянемо основні методи і моделі, що використовуються в програмному забезпеченні для розрахунку теплотехнічних та гідравлічних систем.

1. Застосування програм для розрахунку теплових систем

1.1. Методи та моделі теплопередачі

Теплопередача є основним процесом в теплотехнічних системах. Вона включає три основні механізми: теплопровідність, конвекцію та випромінювання. Розрахунок теплопередачі є важливим для проектування енергетичних установок, систем опалення, охолодження та вентиляції.

Для виконання теплотехнічних розрахунків використовуються різні методи і моделі. Найбільш поширеними є:

1.1.1. Розрахунки теплопровідності

Теплопровідність є процесом переносу тепла через матеріали за рахунок молекулярних зіткнень. Основною задачею є визначення теплового потоку через стіну, елементи конструкцій чи теплообмінники.

Основні рівняння теплопровідності:

- Загальне рівняння теплопровідності: $q = -k \cdot A \cdot \frac{dT}{dx}$ де q — потік тепла, k — коефіцієнт теплопровідності, A — площа поперечного перерізу, $\frac{dT}{dx}$ — градієнт температури.
- Рівняння теплового потоку через стіну: $Q = k \cdot A \cdot (T_1 - T_2) / L$ де T_1 і T_2 — температури з двох сторін стіни, L — товщина стіни.

Ці рівняння дозволяють розрахувати теплотоки через матеріали з різною теплопровідністю та різними геометричними параметрами.

1.1.2. Розрахунки конвекції

Конвекція — це процес передачі тепла через рух рідини чи газу. Розрізняють два типи конвекції: природну та примусову. Для аналізу конвекції використовуються рівняння, що пов'язують температуру та швидкість потоку рідини чи газу.

- Загальне рівняння для конвекції: $Q = h \cdot A \cdot (T_s - T_\infty)$ де Q — потік тепла, h — коефіцієнт теплообміну, T_s — температура поверхні, T_∞ — температура середовища.

1.1.3. Розрахунки теплового випромінювання

Випромінювання є процесом передачі тепла електромагнітними хвилями. Для теплотехнічних систем випромінювання часто розраховується за допомогою закону Стефана-Больцмана.

- Загальний вираз для теплового випромінювання: $Q = \sigma \cdot A \cdot \epsilon \cdot (T^4 - T_0^4)$ де Q — тепловий потік, σ — сталий коефіцієнт, A — площа поверхні, ϵ — емісійність поверхні, T — температура об'єкта, T_0 — температура навколишнього середовища.

Цей підхід використовується для розрахунку теплового потоку від обігрівачів, бойлерів і інших теплотехнічних установок, де основним механізмом теплопередачі є випромінювання.

1.1.4. Інтеграція моделей теплопередачі в програмне забезпечення

Програмні пакети для теплотехнічних розрахунків, такі як ANSYS Fluent, COMSOL Multiphysics, MATLAB, використовують різні чисельні методи, такі як метод скінченних елементів (FEM), метод скінченних різниць (FDM), для моделювання і розрахунку теплопередачі. Вони дозволяють врахувати всі три механізми теплопередачі, моделювати багатофазні процеси та оптимізувати проектування енергетичних систем.

1.2. Теплотехнічні розрахунки в енергетичних установках

Теплотехнічні розрахунки відіграють важливу роль у проектуванні енергетичних установок, таких як котли, турбіни, паропроводи, теплообмінники, де необхідно розрахувати теплові потоки для забезпечення їх ефективної роботи та безпеки.

1.2.1. Розрахунок теплообмінників

Теплообмінники використовуються для передачі тепла між двома рідинами або газами. У таких пристроях використовуються складні моделі для оцінки ефективності теплопередачі, враховуючи характеристики потоку та матеріали.

Основне рівняння для теплообмінників:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

де Q — тепловий потік, U — коефіцієнт теплопередачі, A — площа теплообміну, ΔT — різниця температур.

Для точного розрахунку теплотехнічної ефективності теплообмінників використовуються чисельні методи, які дозволяють враховувати геометрію, потік та інші фактори.

1.2.2. Розрахунок котлів і турбін

Котли і турбіни є основними елементами енергетичних установок, і їх правильне проектування потребує точних теплотехнічних розрахунків. Для цього застосовуються моделі теплообміну, які дозволяють оцінити температурні та тискові умови на різних етапах роботи котла та турбіни.

2. Гідравлічні розрахунки для насосних і трубопровідних систем

Гідравлічні розрахунки є невід'ємною частиною проектування насосних станцій, трубопроводів та інших рідинних систем. Основні завдання при проектуванні цих систем полягають у визначенні витрати рідини, тиску та швидкості потоку.

2.1. Моделі для розрахунку тиску, швидкості і витрат рідини

Основними гідравлічними параметрами є тиск, швидкість і витрати рідини, які взаємопов'язані і визначаються за допомогою рівнянь, таких як рівняння Бернуллі та рівняння Дарсі-Вейсбаха.

2.1.1. Рівняння Бернуллі

Рівняння Бернуллі описує збереження механічної енергії в рідині, враховуючи тиск, швидкість і висоту потоку:

$$P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g h = \text{const}$$

де P — тиск рідини, ρ — густина рідини, v — швидкість потоку, g — прискорення вільного падіння, h — висота точки.

2.1.2. Рівняння Дарсі-Вейсбаха

Рівняння Дарсі-Вейсбаха використовує для розрахунку втрат тиску в трубах при течії рідини:

$$\Delta P = f \cdot L \cdot \frac{\rho v^2}{D}$$

де ΔP — втрати тиску, f — коефіцієнт тертя, L — довжина труби, D — діаметр труби, ρ — густина рідини, v — швидкість потоку.

Ці рівняння використовуються для визначення оптимальних параметрів трубопроводів і насосних систем.

2.2. Програмне забезпечення для гідравлічних розрахунків

Для виконання гідравлічних розрахунків використовуються спеціалізовані програмні пакети, такі як PIPEFLOW, EPANET, ANSYS Fluent, AFT Fathom, які дозволяють точно моделювати процеси в насосних і трубопровідних системах. Ці програми застосовуються для розрахунку тиску, швидкості потоку, втрат енергії, а також для оптимізації параметрів насосних і трубопровідних систем.

Аналіз теплотехнічних і гідравлічних систем є важливим для забезпечення ефективної роботи енергетичних установок і рідинних систем. Використання програмного забезпечення для розрахунку теплопередачі, теплообмінників, насосних і трубопровідних систем дозволяє досягти точних результатів і оптимізувати роботу цих систем. Методики теплотехнічних і гідравлічних розрахунків допомагають проектувати енергетичні установки, що працюють з мінімальними енергетичними втратами та забезпечують стабільну і надійну експлуатацію.

Лекція 10: ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ТА АНАЛІЗУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

Проектування та аналіз енергетичних установок займає ключове місце в інженерії, оскільки від правильного вибору та оптимізації обладнання залежить не тільки ефективність роботи енергетичних систем, але й їхня економічність та екологічна безпека. Програмне забезпечення, яке використовується в цих сферах, дає змогу здійснювати точні розрахунки, моделювання та оптимізацію різних параметрів енергетичних установок, що дозволяє зменшити енергетичні втрати, підвищити ефективність та забезпечити надійну експлуатацію.

У цій лекції ми детально розглянемо основи проектування енергетичних установок, а також методи аналізу та оптимізації їх роботи, зокрема за допомогою програмного забезпечення.

1. Основи проектування енергетичних установок

Проектування енергетичних установок — це складний і багатогранний процес, який включає в себе не лише вибір обладнання, а й розрахунки, моделювання та оцінку ефективності майбутньої системи. Програмне забезпечення є важливим інструментом на кожному етапі проектування, оскільки дозволяє швидко виконувати складні розрахунки, що необхідні для забезпечення надійності та ефективності роботи енергетичних установок.

1.1. Застосування програм для проектування теплових та гідравлічних систем

Проектування енергетичних установок, що працюють на теплових і гідравлічних системах, потребує точних розрахунків теплотехнічних і гідравлічних характеристик. За

допомогою спеціалізованих програмних пакетів інженери можуть моделювати потоки енергії, визначати теплові втрати, оцінювати параметри насосних та трубопровідних систем, а також оптимізувати компоненти енергетичних установок.

1.1.1. Теплотехнічне проектування

У теплотехнічному проектуванні використовуються такі програмні пакети, як ANSYS, COMSOL Multiphysics, MATLAB/Simulink, які дозволяють виконувати складні теплотехнічні розрахунки. Ці програми використовуються для:

- Розрахунку теплопередачі через теплообмінники, котли, трубопроводи.
- Моделювання процесів в системах опалення та охолодження.
- Оцінки ефективності роботи енергетичних установок, таких як котли, турбіни, генератори, теплообмінники.
- Розрахунку температурних полів і потоків в енергетичних системах.

1.1.2. Гідравлічне проектування

Для проектування гідравлічних систем використовуються програми EPANET, PIPEFLOW, AFT Fathom, Flowmaster. Вони дозволяють:

- Проектувати трубопроводи та насосні системи, оптимізувати їх параметри.
- Розраховувати тиск, швидкість потоку і втрати енергії в трубопроводах.
- Моделювати і аналізувати роботу насосних станцій, водопостачальних та водовідведених систем.

Програмне забезпечення для гідравлічних розрахунків дозволяє проводити моделювання потоків рідин у складних мережах трубопроводів, а також аналізувати ефективність роботи насосних систем та оптимізувати їх експлуатацію.

1.2. Розрахунки для забезпечення ефективності установок

Проектування енергетичних установок включає в себе розрахунки для забезпечення їхньої ефективності. Це означає, що потрібно провести детальну оцінку параметрів, таких як теплові втрати, витрати енергії, коефіцієнти корисної дії (ККД) та інші важливі показники, щоб досягти оптимальної роботи установок.

1.2.1. Оцінка теплових втрат і ефективності

Основні завдання проектування енергетичних установок пов'язані з мінімізацією теплових втрат. Для цього використовуються програмні пакети, які дозволяють виконувати теплотехнічні розрахунки і моделювати теплові потоки в різних установках:

- Визначення ефективності теплообмінників.
- Розрахунки для забезпечення оптимальної роботи котлів і турбін.
- Моделювання процесів у теплоенергетичних установках для зниження втрат тепла.

1.2.2. Оцінка ККД енергетичних установок

Коефіцієнт корисної дії (ККД) є одним із основних показників ефективності енергетичних установок. Для розрахунку ККД використовуються спеціалізовані програми, які оцінюють втрати енергії на різних етапах процесу, такі як:

- Котельні установки.
- Турбінні установки.
- Генератори та інші компоненти енергетичних систем.

Завдяки програмному забезпеченню можна отримати точні результати і приймати оптимальні рішення для поліпшення ККД установки.

2. Аналіз та оптимізація роботи енергетичних установок

Аналіз і оптимізація роботи енергетичних установок є важливими етапами в їхньому проектуванні і експлуатації. За допомогою програмного забезпечення інженери можуть проводити різноманітні розрахунки, моделювання і оптимізацію, що дозволяє досягти максимальної ефективності, зменшити енергетичні витрати і забезпечити безпеку експлуатації.

2.1. Аналіз роботи енергетичних установок

Аналіз роботи енергетичних установок полягає в оцінці їхніх параметрів і показників роботи в реальних умовах. Для цього використовуються програми, які дозволяють виконувати наступні завдання:

- Оцінка ефективності використання енергетичних ресурсів.
- Моделювання та прогнозування роботи енергетичних установок.
- Аналіз теплових та гідравлічних потоків в установках.
- Оцінка впливу змінних параметрів, таких як навантаження, температура, тиск, на роботу установки.

За допомогою таких програмних засобів, як ANSYS, Simulink, MATLAB, можна проводити глибокий аналіз енергетичних процесів і робити прогнози щодо роботи установок за різних умов.

2.1.1. Моделювання і аналіз навантаження

Одним із важливих аспектів аналізу є розрахунок навантаження на енергетичну установку. Навантаження може змінюватися в залежності від попиту на енергію, що призводить до необхідності адаптації роботи системи. Програмне забезпечення дозволяє:

- Моделювати зміни навантаження в часі.
- Оцінювати можливі аварійні ситуації, пов'язані з перевантаженням.
- Оптимізувати систему управління для забезпечення стабільної роботи при різних навантаженнях.

2.1.2. Визначення ефективності роботи установки

Програмне забезпечення дозволяє не лише моделювати роботу установки, а й здійснювати аналіз її ефективності на різних етапах експлуатації. Це включає в себе розрахунки для визначення:

- Потужності, що споживається установкою.
- Коефіцієнта корисної дії (ККД).
- Витрат енергії на різні потреби.

2.2. Оптимізація роботи енергетичних установок

Оптимізація роботи енергетичних установок — це важливий процес, що дозволяє досягти мінімальних енергетичних витрат та забезпечити максимальну ефективність. Вона включає в себе різні підходи, такі як:

- Мінімізація втрат енергії в процесі генерації, транспортування та споживання енергії.
- Підвищення ККД енергетичних установок через оптимізацію параметрів роботи.
- Зменшення викидів шкідливих речовин, що супроводжують виробництво енергії.

2.2.1. Алгоритми оптимізації

Для оптимізації роботи енергетичних установок використовуються різні алгоритми, такі як:

- Алгоритм градієнтного спуску, який дозволяє знаходити оптимальні параметри системи для мінімізації енергетичних витрат.
- Генетичні алгоритми, які використовуються для оптимізації багатокритеріальних завдань, коли є кілька параметрів, які треба врахувати одночасно.
- Метод Монте-Карло, який дозволяє проводити оптимізацію в умовах невизначеності або складних систем.

2.2.2. Програмне забезпечення для оптимізації

Існують численні програми, що дозволяють виконувати оптимізацію роботи енергетичних установок:

- MATLAB/Simulink для моделювання і оптимізації енергетичних процесів.
- ANSYS для оптимізації роботи теплотехнічних і гідравлічних систем.
- GAMS для вирішення складних задач оптимізації в енергетичних установках.

Ці програми дозволяють інженерам проводити моделювання і розрахунки, щоб знайти оптимальні стратегії для роботи енергетичних систем, забезпечуючи високу ефективність і мінімальні витрати.

Проектування та аналіз енергетичних установок є складними та багатогранними процесами, які вимагають точних розрахунків та моделювання. Програмне забезпечення для проектування теплових, гідравлічних систем, а також для аналізу і оптимізації роботи енергетичних установок надає інженерам потужні інструменти для розв'язання цих завдань.

За допомогою таких програмних засобів можна досягти значної економії енергоресурсів, підвищити ефективність роботи установок, а також забезпечити їх стабільну та безпечну експлуатацію.

Лекція 11: ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ І УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИМИ СИСТЕМАМИ

Управління енергетичними системами є надзвичайно складним та важливим процесом, що вимагає високого рівня автоматизації для забезпечення ефективної роботи, зниження енергетичних витрат і підвищення безпеки. З огляду на складність і масштаби енергетичних мереж, автоматизація управлінських процесів є необхідною умовою для функціонування сучасних енергетичних систем. Для цього використовуються спеціалізовані програмні рішення, такі як системи SCADA, алгоритми автоматичного регулювання та управління, а також моделі для симуляції динаміки управління.

У цій лекції ми детально розглянемо використання програмного забезпечення для автоматизованого контролю та управління енергетичними системами. Основна увага буде приділена системам SCADA, алгоритмам автоматичного регулювання, а також моделюванню та симуляції динаміки управління.

1. Автоматизація процесів управління в енергетичних мережах

Автоматизація управлінських процесів є основою для ефективної роботи енергетичних систем. Вона охоплює численні аспекти, від збору даних до управління розподілом енергії. Програмне забезпечення, що використовується для автоматизації в енергетичних мережах, забезпечує:

- Моніторинг і контроль в реальному часі.
- Автоматичне регулювання параметрів енергетичних систем.
- Прогнозування навантажень та оптимізацію роботи обладнання.

1.1. Системи SCADA та їх використання

Системи SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) є одними з найважливіших інструментів для автоматизації управлінських процесів в енергетичних мережах. SCADA системи дозволяють здійснювати централізований контроль за роботою енергетичних об'єктів, таких як електричні станції, трансформаторні підстанції, трубопроводи, насосні станції тощо. Вони включають в себе як апаратне, так і програмне забезпечення для моніторингу, збору і обробки даних, а також для дистанційного керування технічними об'єктами.

1.1.1. Принцип роботи SCADA систем

Основними компонентами SCADA системи є:

- Пристрої збору даних (RTU або PLC) — спеціалізовані контролери, які зчитують значення з датчиків і передають їх до центральної системи для подальшого аналізу та обробки.
- Сервери баз даних — зберігають всю інформацію, що стосується роботи мережі, включаючи історичні дані, поточні показники та параметри систем.
- Система візуалізації (HMI) — інтерфейс для оператора, через який здійснюється моніторинг і контроль процесів.

Завдяки SCADA-системам, оператори можуть у реальному часі:

- Спостерігати за станом енергетичних об'єктів.
- Керувати параметрами енергетичної системи, такими як напруга, потужність, частота.
- Виявляти неполадки і аварійні ситуації, а також автоматично реагувати на них.

Система SCADA також використовує алгоритми для передбачення можливих аварій та оптимізації роботи енергетичних мереж.

1.1.2. Ключові функції SCADA систем в енергетичних мережах

- Моніторинг і контроль: Постійне спостереження за станом енергетичних мереж і обладнання дозволяє оперативно реагувати на зміну параметрів роботи.
- Аварійне управління: Автоматичне відключення або переведення на резервні джерела живлення в разі аварії або неполадок.
- Оптимізація навантаження: Моделювання та балансування навантаження на електричні мережі для забезпечення стабільної і ефективної роботи.
- Управління енергетичними потоками: Забезпечення ефективного розподілу енергії між різними секторами мережі.
- Аналіз даних: Використання даних для прогнозування навантажень, пошуку тенденцій і оптимізації роботи.

SCADA системи дозволяють зменшити людську помилку, забезпечують вищу швидкість реагування на неполадки та сприяють зниженню експлуатаційних витрат.

1.2. Алгоритми автоматичного регулювання і управління

Управління енергетичними мережами потребує використання складних алгоритмів, які дозволяють автоматично регулювати роботу систем у відповідь на зміни в навантаженнях, неполадки або інші зовнішні чинники. Алгоритми автоматичного регулювання і управління допомагають досягти оптимальних параметрів роботи систем і забезпечують стабільність у складних умовах.

1.2.1. Алгоритми управління потужністю

Одним із важливих аспектів автоматизованого управління енергетичними системами є алгоритми управління потужністю. Вони дозволяють забезпечити баланс між виробництвом

та споживанням енергії, а також регулювати навантаження на енергетичні мережі. До таких алгоритмів відносяться:

- Алгоритм оптимізації потужності: Використовується для розрахунку та балансування навантаження між генераторами.
- Алгоритм керування частотою: Застосовується для стабілізації частоти в енергетичних мережах, особливо при зміні навантаження або підключенні/відключенні великих об'єктів.

1.2.2. Алгоритми управління напругою і частотою

Іншими важливими аспектами є управління напругою та частотою в енергетичних мережах. Для цього використовуються різні методи і алгоритми:

- Алгоритм стабілізації напруги: Метою є підтримка оптимальних значень напруги на всіх етапах роботи мережі.
- Частотне регулювання: Алгоритми для підтримки частоти в межах необхідних значень, що забезпечує стабільну роботу генераторів і електричних мереж.

1.2.3. Алгоритми аварійного управління

У разі виникнення аварійних ситуацій важливо швидко та точно відреагувати, щоб мінімізувати шкоду. Алгоритми аварійного управління в SCADA системах включають:

- Аварійне відключення: Миттєве відключення несправних елементів мережі.
- Резервне живлення: Перехід на резервні джерела енергії при виході з ладу основного обладнання.
- Аварійне відновлення роботи: Запуск аварійних режимів для відновлення нормальної роботи системи.

Ці алгоритми забезпечують стабільність енергетичних систем та мінімізують ризики для об'єктів і користувачів.

2. Моделювання та симуляція динаміки управління

Симуляція та моделювання динаміки управління є важливими інструментами для дослідження та оптимізації роботи енергетичних систем. За допомогою програмного забезпечення можна проводити тестування різних сценаріїв і варіантів управління, що дозволяє забезпечити надійність та ефективність енергетичних мереж.

2.1. Програмне забезпечення для моделювання динаміки управління

Для моделювання та симуляції динаміки управління енергетичними системами використовуються спеціалізовані програмні засоби, такі як:

- MATLAB/Simulink: Широко застосовуються для моделювання і симуляції динаміки енергетичних систем, зокрема для розрахунку алгоритмів управління потужністю, частотою та напругою.

- PLEXOS: Використовується для симуляції роботи енергетичних систем в умовах різних сценаріїв, таких як зміни навантаження або відключення обладнання.
- DIgSILENT PowerFactory: Спеціалізоване програмне забезпечення для моделювання та аналізу енергетичних мереж, яке підтримує моделювання динаміки управління енергетичними потоками.

2.2. Моделювання динаміки енергетичних мереж

Моделювання динаміки управління енергетичними мережами включає:

- Моделювання навантажень і потужностей: Створення моделей, які дозволяють прогнозувати зміни в навантаженні на енергетичні системи, зокрема з урахуванням сезонних коливань або змін у попиті на енергію.
- Моделювання аварійних ситуацій: Аналіз роботи мережі в умовах аварії та визначення ефективності різних варіантів аварійного реагування.
- Оптимізація управління: Використання математичних моделей для оптимізації процесів управління енергетичними потоками з метою забезпечення стабільності та мінімізації витрат.

2.3. Моделювання аварійних ситуацій та стійкості систем

Моделювання аварійних ситуацій є важливим аспектом для забезпечення стійкості енергетичних систем. Для цього використовуються програми, які дозволяють симулювати різні сценарії аварій, такі як:

- Вихід з ладу трансформатора чи генератора.
- Несправності в лініях передачі електроенергії.
- Перевищення максимальних значень потужності.

Моделювання допомагає розробити стратегії для швидкої відновлення роботи системи та уникнення аварій.

Автоматизація управлінських процесів в енергетичних системах є необхідною умовою для забезпечення стабільної та ефективної роботи. Системи SCADA та алгоритми автоматичного регулювання допомагають здійснювати моніторинг і контроль за параметрами роботи енергетичних мереж, автоматично реагувати на зміни та аварійні ситуації, а також оптимізувати навантаження і енергетичні потоки. Програмне забезпечення для моделювання та симуляції динаміки управління дозволяє створювати ефективні стратегії управління, прогнозувати навантаження, моделювати аварії та оптимізувати роботу енергетичних установок, забезпечуючи високу надійність і економічність енергетичних систем. Автоматизація і моделювання є ключовими інструментами для досягнення стабільності, ефективності і безпеки в сучасних енергетичних мережах.

Лекція 12: МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ В ПРОГРАМНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОТОКІВ

Прогнозування енергетичних потоків є важливою складовою частиною в управлінні енергетичними системами, оскільки воно дозволяє зменшити ризики, пов'язані з непередбаченими змінами в споживанні енергії, і сприяє оптимізації розподілу ресурсів. Правильне прогнозування енергетичних потоків може забезпечити баланс між виробництвом та споживанням енергії, запобігти перевантаженню енергетичних мереж і забезпечити стабільність системи.

Використання математичних моделей та сучасних програмних засобів для прогнозування таких потоків стало невід'ємною частиною сучасної енергетики. У цьому контексті особливу увагу слід приділити статистичним методам для прогнозування споживання енергії, а також можливості моделювання енергетичних потоків за допомогою програм MATLAB/Simulink.

У цій лекції ми розглянемо методи прогнозування енергетичних потоків, статистичні моделі для прогнозування споживання енергії, а також особливості моделювання енергетичних систем в MATLAB/Simulink. Також буде детально розглянуто аналіз стійкості прогнозів, що є важливим аспектом для оцінки точності передбачень у складних і змінних умовах енергетичних мереж.

1. Прогнозування енергетичних потоків у мережах

1.1. Статистичні моделі для прогнозування споживання енергії

Прогнозування споживання енергії є ключовим етапом у плануванні роботи енергетичних систем. Існує кілька підходів до прогнозування, серед яких особливе місце займають статистичні моделі, які дозволяють за допомогою минулих даних робити передбачення на майбутнє. Статистичні моделі поділяються на декілька основних категорій:

- **Лінійні моделі:** Це найбільш прості моделі, які ґрунтуються на припущенні про лінійний зв'язок між споживанням енергії та деякими зовнішніми змінними (наприклад, температура, час доби, сезон).
- **Нелінійні моделі:** Вони використовуються для більш складних взаємозв'язків між величинами, коли зв'язок між змінними не є лінійним, і зміни в одному параметрі можуть викликати нелінійні зміни в іншому.
- **Моделі авторегресії (AR):** Це статистичні моделі, які використовуються для прогнозування часового ряду. Моделі AR вважають, що значення майбутнього споживання енергії залежить від попередніх значень цього ж ряду.

- Моделі авторегресії з ковзним середнім (ARMA): Це комбіновані моделі, що поєднують авторегресійний компонент з ковзним середнім, що дозволяє враховувати як минулі споживання енергії, так і випадкові збурення.
- Моделі сезонних коливань (SARIMA): Для енергетичних мереж характерна сезонна зміна споживання, тому моделі, які враховують сезонні коливання, є необхідними для точного прогнозування.

1.1.1. Лінійні моделі для прогнозування енергетичних потоків

Лінійні моделі базуються на простих рівняннях, що описують прямий зв'язок між споживанням енергії та факторами, що впливають на нього. Наприклад, у простому лінійному підході можна передбачити споживання енергії залежно від температури, дня тижня або інших факторів. Ось приклад лінійної регресії для прогнозування споживання енергії:

$$E_t = a + b \cdot T_t + c \cdot D_t$$

де:

- E_t — споживання енергії на момент часу t ,
- T_t — температура на момент часу t ,
- D_t — день тижня,
- a, b, c — коефіцієнти регресії.

Така модель може бути використана для швидкого оцінювання споживання енергії в умовах, коли зміни параметрів системи відбуваються за лінійним законом.

1.1.2. Моделі авторегресії для прогнозування енергетичних потоків

Моделі авторегресії (AR) ґрунтуються на припущенні, що поточні значення змінної можна передбачити на основі її попередніх значень. Для моделювання енергетичних потоків використовуються авторегресійні моделі, що дозволяють враховувати тренди та цикли споживання енергії, а також усувати випадкові коливання.

Модель AR може бути записана у вигляді:

$$E_t = a + \sum_{i=1}^p \phi_i E_{t-i} + \epsilon_t$$

де:

- E_t — споживання енергії на момент часу t ,
- ϕ_i — коефіцієнти авторегресії,
- p — порядок моделі,
- ϵ_t — випадковий шум.

Ці моделі ефективно використовуються для короткострокового прогнозування споживання енергії, враховуючи залежність від попередніх періодів.

1.1.3. Моделі сезонних коливань

Сезонні коливання є важливою складовою частиною в прогнозуванні енергетичних потоків, оскільки споживання енергії часто змінюється залежно від пори року, місяця, чи навіть дня тижня. Моделі SARIMA (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average) є популярними для роботи з такими коливаннями.

Модель SARIMA має вигляд:

$$E_t = \phi_1 E_{t-1} + \phi_2 E_{t-2} + \dots + \phi_p E_{t-p} + \theta_1 \epsilon_{t-1} + \theta_2 \epsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \epsilon_{t-q}$$
$$E_t = \phi_1 E_{t-1} + \phi_2 E_{t-2} + \dots + \phi_p E_{t-p} + \theta_1 \epsilon_{t-1} + \theta_2 \epsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \epsilon_{t-q}$$

де:

- ϕ_i та θ_i — коефіцієнти авторегресії та ковзного середнього відповідно,
- p, d, q — параметри моделі,
- ϵ_t — випадкові збурення.

Ці моделі дозволяють ефективно прогнозувати споживання енергії з урахуванням сезонних змін.

1.2. Моделювання енергетичних потоків за допомогою MATLAB/Simulink

MATLAB і Simulink є потужними інструментами для розробки моделей енергетичних систем і прогнозування енергетичних потоків. У MATLAB доступні численні функції для обробки даних, аналізу та побудови статистичних моделей, а Simulink надає графічний інтерфейс для створення моделей та симуляцій. Завдяки цьому програмному забезпеченню можна створювати складні моделі для прогнозування енергетичних потоків.

1.2.1. Використання MATLAB для моделювання енергетичних систем

MATLAB пропонує великий набір інструментів для статистичного аналізу та моделювання. Наприклад, для прогнозування споживання енергії можна використовувати функції регресії, авторегресії та інші методи, що описані вище. Ось простий приклад коду для побудови моделі лінійної регресії в MATLAB:

```
matlab
Копировать код
% Вхідні дані
T = [20, 25, 30, 35, 40]; % температура
D = [1, 2, 3, 4, 5]; % день тижня
E = [100, 150, 200, 250, 300]; % споживання енергії
% Створення матриці для регресії
X = [ones(length(T), 1), T', D'];
% Лінійна регресія
b = regress(E', X);
```


% Прогнозування

$E_{pred} = X * b;$

1.2.2. Використання Simulink для моделювання

Simulink надає можливість створювати більш складні динамічні моделі енергетичних систем. Завдяки інтеграції з MATLAB, користувачі можуть створювати графічні моделі, включати різні блоки для обробки даних, що дозволяє моделювати потоки енергії в мережах.

Наприклад, можна створити модель для прогнозування споживання енергії, що враховує сезонні коливання, тренди та випадкові зміни.

2. Аналіз стійкості прогнозів

Аналіз стійкості прогнозів є важливим етапом у прогнозуванні енергетичних потоків. Стійкість прогнозів визначає їхню точність і здатність витримувати зміни в зовнішніх умовах або невизначеність вхідних даних. Існує кілька методів для аналізу стійкості прогнозів:

2.1. Оцінка точності прогнозів

Основним способом оцінки точності прогнозів є використання показників якості прогнозування, таких як:

- Середня абсолютна помилка (MAE): Це середнє значення абсолютної різниці між прогнозованими і фактичними значеннями.

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |E_{pred} - E_{real}| \quad MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |E_{pred} - E_{real}|$$

- Середня квадратична помилка (RMSE): Вимірює середнє квадратичне відхилення між прогнозами та фактичними значеннями.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (E_{pred} - E_{real})^2} \quad RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (E_{pred} - E_{real})^2}$$

- Коефіцієнт детермінації (R^2): Оцінює, яка частка варіації в реальних даних пояснюється модельними передбаченнями.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (E_{real} - E_{pred})^2}{\sum_{i=1}^N (E_{real} - \bar{E})^2} \quad R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (E_{real} - E_{pred})^2}{\sum_{i=1}^N (E_{real} - \bar{E})^2}$$

де $\bar{E}$ — середнє значення реальних даних.

2.2. Адаптивні моделі та стійкість до змін

Для підвищення стійкості прогнозів застосовуються адаптивні моделі, які можуть динамічно оновлюватися на основі нових даних. Такий підхід дозволяє зберегти точність прогнозів навіть за умов змінних і непередбачуваних обставин.

Одним із таких підходів є використання моделей, які здатні автоматично враховувати зміни в трендах або сезонні коливання. Це дозволяє адаптувати прогнози до змін у реальних умовах.

2.3. Чутливість до вхідних параметрів

Аналіз чутливості є важливою частиною для перевірки стійкості прогнозів. Це дозволяє оцінити, як незначні зміни в вхідних параметрах моделі можуть вплинути на кінцеві прогнози.

Прогнозування енергетичних потоків є складним завданням, яке вимагає використання різноманітних математичних моделей. Статистичні методи, такі як лінійні регресії, моделі авторегресії, а також сезонні моделі, допомагають здійснювати прогнозування на основі минулих даних. MATLAB та Simulink надають потужні інструменти для створення і моделювання таких моделей. Оцінка стійкості прогнозів, зокрема за допомогою різноманітних метрик точності та аналізу чутливості, дозволяє підвищити надійність та точність передбачень в умовах змінних енергетичних систем.

Лекція 13: ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНИХ РОЗРАХУНКІВ У ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМАХ

Екологічні питання стали важливою складовою частиною інженерних розрахунків у енергетичних системах. Зі зростанням обсягів енергоспоживання та впливом людської діяльності на навколишнє середовище, важливою задачею є забезпечення сталого розвитку енергетичних систем. Викиди забруднювальних речовин, ефективне використання енергетичних ресурсів, а також оцінка впливу енергетичних установок на екологію є важливими аспектами, які необхідно враховувати при проектуванні, експлуатації та оптимізації енергетичних мереж.

Програмне забезпечення для екологічних розрахунків у енергетичних системах сприяє не лише покращенню ефективності роботи установок, але й мінімізації їхнього негативного впливу на навколишнє середовище. Таке програмне забезпечення дозволяє проводити моніторинг викидів, аналізувати ефективність енергетичних ресурсів, а також оцінювати вплив на довкілля в процесі роботи енергетичних систем.

У даній лекції ми розглянемо різні аспекти використання програмного забезпечення для екологічних розрахунків, зокрема, для моніторингу викидів, оцінки ефективності використання енергетичних ресурсів, а також для аналізу впливу енергетичних систем на навколишнє середовище.

1. Екологічні аспекти в енергетичних розрахунках

1.1. Застосування ПЗ для моніторингу викидів і забруднення

Енергетичні системи є одними з основних джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферу. Це, у свою чергу, впливає на якість повітря, клімат, екосистеми і здоров'я людей. Для зменшення цього впливу необхідно застосовувати моніторинг та аналіз викидів, що є важливим етапом у процесі проектування, експлуатації та оптимізації енергетичних

установок. Задача програмного забезпечення для екологічних розрахунків — забезпечити точний моніторинг викидів забруднювальних речовин та надавати рекомендації щодо зниження їх обсягів.

1.1.1. Основні джерела викидів в енергетичних системах

Основними джерелами викидів в енергетичних системах є:

- Теплові електростанції: Викиди з ТЕС включають оксиди азоту (NO_x), діоксид сірки (SO₂), діоксид вуглецю (CO₂), а також частки викидів, які негативно впливають на здоров'я людини та навколишнє середовище.
- Гідроелектростанції: Хоча гідроелектростанції мають низький рівень викидів порівняно з тепловими, вони можуть мати вплив на місцеві екосистеми через зміну гідрологічного режиму, пошкодження природних середовищ та інше.
- Вітрові та сонячні станції: Незважаючи на те, що вони не виробляють викидів під час експлуатації, виробництво обладнання для таких станцій потребує енергії, а також створює певні екологічні витрати на етапі виробництва.

Для моніторингу викидів застосовуються спеціальні програмні продукти, які дозволяють вимірювати викиди та аналізувати їхні величини. Це можуть бути як спеціалізовані програми для конкретних типів енергетичних установок, так і універсальні платформи, які підтримують різноманітні види розрахунків і дозволяють інтегрувати дані з різних джерел.

1.1.2. Програмне забезпечення для моніторингу викидів

Програмне забезпечення для моніторингу викидів допомагає у реальному часі оцінювати рівень викидів і порівнювати їх з встановленими екологічними стандартами. Це можуть бути як автономні системи, що працюють з датчиками і проводять викиди в режимі онлайн, так і програмні інструменти для обробки даних, що отримуються від датчиків.

Деякі приклади програмного забезпечення для моніторингу викидів:

- SimaPro: Це одне з найпопулярніших програмних забезпечень для оцінки впливу на навколишнє середовище. Воно застосовується для проведення аналізу життєвого циклу продуктів (LCA) та оцінки екологічних наслідків від викидів забруднювальних речовин.
- MATLAB і Simulink: Завдяки вбудованим модулям для обробки даних можна проводити моделювання викидів забруднюючих речовин в енергетичних системах. MATLAB дає змогу обробляти великі обсяги даних, оптимізувати роботу енергетичних установок, враховуючи екологічні показники.
- EnergyPlus: Цей пакет програмного забезпечення зазвичай використовується для моделювання енергетичних характеристик будівель, але також може бути

використаний для аналізу енергетичних витрат і викидів у зв'язку з використанням різних джерел енергії.

- RETScreen: Програмне забезпечення, яке дозволяє аналізувати потенціал відновлюваних джерел енергії та їх вплив на навколишнє середовище. Це інструмент для оцінки енергетичної ефективності та екологічних переваг проектів.

1.1.3. Аналіз викидів за допомогою програмного забезпечення

За допомогою спеціалізованого програмного забезпечення можна проводити не тільки реальний моніторинг викидів, але й прогнозування їх рівня на основі поточних даних, аналіз трендів, а також виявлення потенційних проблемних зон.

Наприклад, для ТЕС можна проводити оцінку викидів на основі режиму роботи котлів, характеристик палива та типу установок, що використовуються для очищення викидів (каталізатори, фільтри тощо). Це дає змогу планувати заходи з підвищення екологічної ефективності та оптимізувати витрати на очищення викидів.

1.2. Програмне забезпечення для оцінки ефективності енергетичних ресурсів

Управління енергетичними ресурсами вимагає постійної оцінки ефективності їх використання. Програмне забезпечення для цієї мети допомагає зменшити втрати енергії та підвищити ефективність роботи енергетичних установок, зокрема шляхом оптимізації режимів їх роботи. Одним з важливих аспектів є оцінка споживання палива та енергії в цілому, а також впливу на екологічну ситуацію.

1.2.1. Інструменти для оцінки ефективності використання енергетичних ресурсів

Для оцінки ефективності енергетичних ресурсів використовуються такі інструменти:

- MATLAB та Simulink: Ці платформи надають можливості для моделювання енергетичних систем, оцінки їх ефективності та зменшення енергетичних втрат. Вони використовуються для моделювання, оптимізації та аналізу енергетичних процесів на всіх етапах експлуатації енергетичних установок.
- RETScreen: Це програмне забезпечення для аналізу енергетичної ефективності та екологічних характеристик проектів. Воно дозволяє моделювати енергетичні витрати та прогнозувати їх на основі попередніх даних.
- HOMER: Це програмне забезпечення для оптимізації проектів енергетичних систем, яке дає змогу оцінювати ефективність використання різних видів палива, зокрема для гібридних енергетичних систем, і порівнювати різні варіанти енергетичних рішень.

1.3. Інструменти для аналізу впливу енергетичних систем на навколишнє середовище

Енергетичні системи мають різний ступінь впливу на навколишнє середовище, і їх екологічний вплив варіюється в залежності від типу технології, типу палива, а також рівня технологічної модернізації. Важливим аспектом є наявність інструментів для оцінки цих впливів.

1.3.1. Оцінка впливу енергетичних систем

Існують різні підходи для оцінки екологічного впливу енергетичних систем. Одним з найбільш поширених є методологія аналізу життєвого циклу (LCA), яка дозволяє оцінити вплив енергетичних систем протягом всього їх життєвого циклу, від видобутку сировини до утилізації чи рекуперації енергії. Для цього використовуються спеціалізовані програмні комплекси, такі як SimaPro та GaBi, які дають змогу оцінювати екологічний слід енергетичних установок.

1.3.2. Програмне забезпечення для аналізу впливу на навколишнє середовище

- SimaPro: Це програмне забезпечення для проведення LCA, яке дає можливість оцінювати вплив різних енергетичних технологій на навколишнє середовище, включаючи викиди CO₂, споживання води, а також інші екологічні показники.
- GaBi: Це ще один потужний інструмент для аналізу життєвого циклу, який широко використовується в енергетиці для оцінки впливу енергетичних систем на довкілля, а також для аналізу варіантів оптимізації енергетичних технологій.

Використання програмного забезпечення для екологічних розрахунків у енергетичних системах є важливим інструментом для зменшення екологічного впливу енергетичних установок. Сучасні програмні платформи дозволяють не лише моніторити викиди забруднюючих речовин, але й оцінювати ефективність використання енергетичних ресурсів та вплив енергетичних систем на навколишнє середовище. Вони забезпечують можливості для моделювання, оптимізації та розрахунків, що дозволяє ефективно управляти енергетичними системами та забезпечувати їх сталий розвиток з урахуванням екологічних вимог.

Лекція 14: СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЕКТУВАННЯ ТА АНАЛІЗУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ (САПР)

Системи автоматизації проектування та аналізу енергетичних систем (САПР) є важливими інструментами в енергетичній галузі. Вони дозволяють створювати електричні схеми, здійснювати розрахунки, моделювати різноманітні параметри енергетичних систем та виконувати їх оптимізацію. САПР дають можливість автоматизувати багато процесів проектування та аналізу, що значно знижує час і витрати на розробку нових енергетичних систем. Важливою характеристикою таких систем є їх здатність до інтеграції з іншими програмними пакетами для виконання комплексних багатофункціональних розрахунків.

Ця лекція надає огляд основ роботи з САПР для проектування енергетичних систем, а також розглядає особливості інтеграції САПР з іншими програмами для багатофункціональних розрахунків.

1. Основи роботи з САПР для проектування енергетичних систем

1.1. Програмні пакети для створення електричних схем

Проектування енергетичних систем потребує точності й ефективності на всіх етапах: від початкових етапів проектування до побудови та тестування електричних схем. Для цього існують різноманітні програмні пакети, які дозволяють створювати електричні схеми та проводити необхідні розрахунки. Розглянемо основні програмні пакети для створення електричних схем.

1.1.1. AutoCAD Electrical

AutoCAD Electrical — це один з найбільш популярних програмних продуктів для проектування електричних схем. Цей програмний пакет має велику бібліотеку стандартних електричних компонентів, що дозволяє швидко створювати схемні креслення. Програма також підтримує автоматичні перевірки схем на відповідність стандартам та нормативам. AutoCAD Electrical забезпечує можливість інтеграції з іншими системами проектування та має інструменти для генерації технічної документації, що необхідна для подальшого виробництва або монтажу енергетичних установок.

1.1.2. EPLAN Electric P8

EPLAN Electric P8 — це потужний інструмент для проектування електричних систем. Програма має високу гнучкість і дозволяє створювати схеми для широкого спектра енергетичних установок, включаючи промислові, будівельні та інші типи об'єктів. EPLAN підтримує автоматичну генерацію схематичних з'єднань і комунікацій, а також має систему, яка дозволяє генерувати звіти та специфікації, що значно прискорює процес проектування.

1.1.3. MATLAB/Simulink

MATLAB та Simulink також використовуються для проектування енергетичних систем, хоча основна їх функція — це моделювання та симуляція. Вони широко використовуються для моделювання електричних схем і перевірки їх роботи в реальних умовах. Завдяки інтеграції з MATLAB, Simulink дозволяє створювати моделі електричних мереж і складних енергетичних систем, а також проводити розрахунки їх параметрів, таких як напруга, струм, потужність і інші.

1.1.4. DIgSILENT PowerFactory

DIgSILENT PowerFactory — це потужний програмний пакет для проектування та аналізу електричних мереж. Він надає інструменти для створення моделей, моделювання роботи енергетичних систем, а також проведення різноманітних розрахунків (розрахунки стійкості, динаміки, навантаження і т. д.). PowerFactory також дозволяє створювати електричні схеми та проводити детальний аналіз роботи енергетичних мереж в умовах різноманітних зовнішніх впливів.

1.2. Автоматизовані інструменти для розрахунків і проектування

Автоматизація розрахунків і проектування є важливою складовою САПР для енергетичних систем. Вона дозволяє значно знизити час, що витрачається на виконання рутинних операцій, а також зменшити кількість людських помилок. Автоматизовані інструменти для розрахунків та проектування є незамінними для забезпечення точності та ефективності в процесі проектування енергетичних систем.

1.2.1. Програмні інструменти для електричних розрахунків

Для автоматизації електричних розрахунків широко використовуються різні інструменти, що забезпечують проведення необхідних технічних розрахунків для проектування енергетичних мереж. Наприклад:

- ETAP (Electrical Transient Analyzer Program): Це потужне програмне забезпечення для автоматизації розрахунків в електричних мережах, включаючи розрахунки за потужністю, навантаженнями, коротким замиканням, стабільністю та іншими параметрами. ETAP дозволяє швидко проводити аналіз енергетичних систем, а також оптимізувати їх роботу для досягнення максимальної ефективності.
- PSCAD (Power Systems Computer Aided Design): Це програмний пакет для моделювання та аналізу динамічних процесів в електричних мережах. Він дозволяє проводити розрахунки щодо поведінки систем при різних аварійних ситуаціях та оптимізувати роботу енергетичних установок.

1.2.2. Моделювання та симуляція енергетичних систем

Автоматизовані інструменти для моделювання та симуляції енергетичних систем дозволяють прогнозувати їхню роботу в реальних умовах, визначати оптимальні режими експлуатації та аналізувати стійкість систем. З допомогою таких інструментів можна моделювати різноманітні енергетичні системи, наприклад, системи генерації електричної енергії на основі відновлювальних джерел (сонячні панелі, вітрові турбіни), а також досліджувати динаміку енергетичних мереж під час змін навантаження або аварійних ситуацій.

- Simulink: Як частина MATLAB, Simulink є інструментом для створення моделей і проведення симуляцій енергетичних систем. Він дає можливість моделювати як стаціонарні, так і динамічні процеси, а також проводити аналіз стійкості системи.
- DIgSILENT PowerFactory: Використовується для проведення розрахунків та моделювання роботи складних енергетичних мереж. Він дозволяє здійснювати числові розрахунки, проводити аналіз навантажень і потужностей, а також вивчати динаміку мережі в умовах аварійних ситуацій.

1.2.3. Оптимізація проектування енергетичних систем

Оптимізація проектування енергетичних систем є ключовою функцією автоматизованих інструментів. Вона включає вибір найбільш ефективних варіантів проектування для забезпечення мінімальних енергетичних витрат, зниження витрат потужності, а також підвищення стійкості та надійності енергетичних мереж.

- HOMER: Це програмне забезпечення для оптимізації енергетичних систем, яке дозволяє вибрати найкраще комбінацію джерел енергії для мінімізації витрат і зменшення екологічного впливу. HOMER допомагає в автоматизації проектування гібридних енергетичних систем, які використовують комбінації традиційних і відновлювальних джерел енергії.
- PLEXOS: Програмне забезпечення для оптимізації електричних мереж, яке допомагає в проектуванні енергетичних систем і плануванні енергетичних мереж в умовах змінного навантаження та відновлюваних джерел енергії.

2. Інтеграція з іншими програмами для багатофункціональних розрахунків

2.1. Можливості інтеграції САПР

Інтеграція САПР з іншими програмами дозволяє отримати можливості для виконання багатофункціональних розрахунків, що охоплюють різні аспекти проектування та експлуатації енергетичних систем. Взаємодія між різними програмами дає змогу виконувати більш складні багатокрокові розрахунки, що забезпечують точніші і комплексніші результати.

2.2. Інтеграція з програмами для моніторингу

Багато САПР можуть бути інтегровані з програмними продуктами для моніторингу роботи енергетичних систем у реальному часі. Наприклад, програмне забезпечення для автоматизованого управління енергетичними мережами, таке як SCADA, може бути інтегровано з програмами для проектування та аналізу енергетичних систем, щоб зібрати реальні дані з експлуатації та коригувати проектні параметри для забезпечення стабільної роботи мережі.

2.3. Інтеграція з інженерними розрахунковими системами

Програмні пакети для інженерних розрахунків, такі як MATLAB або Simulink, можуть бути інтегровані з САПР для виконання більш складних математичних розрахунків і моделювань. Це дозволяє створювати комплексні моделі енергетичних систем, а також автоматизувати процеси оптимізації проектування та аналізу ефективності енергетичних мереж.

Системи автоматизації проектування та аналізу енергетичних систем є важливими інструментами для створення ефективних і надійних енергетичних мереж. Вони дозволяють автоматизувати процеси проектування електричних схем, виконувати розрахунки та оптимізацію проектів, а також інтегрувати різні програми для виконання

багатофункціональних розрахунків. Ці технології є основою для сучасного проектування та управління енергетичними системами.

Лекція 15: РОЗРАХУНКИ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В ГАЛУЗІ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Глобальні зміни клімату, зменшення запасів викопних джерел енергії та постійний розвиток технологій привели до стрімкого зростання популярності відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Вітрові та сонячні електростанції, а також інші види відновлюваних джерел, таких як біомаса та гідроелектростанції, все більше займають важливу роль у забезпеченні енергетичних потреб світу. Програмне забезпечення для моделювання, прогнозування та оптимізації роботи таких енергетичних систем стає ключовим інструментом для інженерів і науковців, які займаються розробкою та експлуатацією ВДЕ. Використання сучасних програмних продуктів дозволяє проводити детальні розрахунки, забезпечувати ефективне планування, оптимізацію і прогнозування, що в свою чергу допомагає максимізувати виробництво енергії та знижувати вартість установок.

Ця лекція присвячена програмному забезпеченню для проектування сонячних та вітрових електростанцій, а також прогнозуванню та оптимізації роботи таких систем. Розглянемо основні інструменти та методи, які використовуються для моделювання енергетичних систем на основі відновлюваних джерел.

1. Моделювання енергетичних систем на основі відновлюваних джерел

Моделювання енергетичних систем, що працюють на основі відновлюваних джерел енергії, є складним і багатогранним процесом. Він включає в себе проектування самих джерел енергії (сонячних панелей, вітрових турбін), а також створення моделей для їх інтеграції в енергетичні мережі та оптимізації роботи таких систем.

1.1. Програмне забезпечення для проектування сонячних електростанцій

Проектування сонячних електростанцій вимагає глибокого аналізу таких параметрів, як інсоляція, нахил і орієнтація панелей, типи панелей, розміщення на місцевості, умови навколишнього середовища та багато іншого. Для ефективного проектування і моделювання таких станцій існують кілька програмних інструментів, які допомагають здійснювати необхідні розрахунки.

1.1.1. PVSyst

PVSyst — це одне з найпопулярніших програмних забезпечень для проектування та аналізу сонячних електростанцій. Воно дозволяє здійснювати детальний розрахунок характеристик системи на основі різних параметрів. Зокрема, можна ввести географічне розташування, визначити параметри інсоляції для певного регіону, вибрати типи сонячних

панелей і налаштувати різні електричні параметри системи. Програма також дозволяє проводити оцінку ефективності використання енергії, розраховувати економічні показники і створювати технічну документацію для проекту.

1.1.2. HOMER (Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources)

HOMER — це програмне забезпечення для оптимізації гібридних енергетичних систем, яке дозволяє планувати й оцінювати варіанти сонячних електростанцій, особливо в тих випадках, коли сонячна енергія поєднується з іншими відновлюваними джерелами або з традиційними енергетичними системами. Програма дозволяє моделювати роботу різних систем, забезпечуючи оптимізацію енергоспоживання та економічних витрат.

1.1.3. SAM (System Advisor Model)

SAM — це програмне забезпечення для аналізу енергетичних систем, яке дозволяє проектувати сонячні електростанції, враховуючи їх тип, параметри та характеристики. SAM використовує математичні моделі для визначення продуктивності сонячних панелей та оцінки фінансової ефективності проекту. Цей інструмент дозволяє здійснювати моніторинг витрат на капітальні інвестиції, операційні витрати, а також прогнозувати прибуток від виробленої електричної енергії.

1.1.4. Tigo Energy

Tigo Energy — це ще один інструмент для проектування сонячних електростанцій, що забезпечує віддалений моніторинг, оптимізацію і управління кожним модулем сонячної електростанції. Програмне забезпечення дозволяє здійснювати оптимізацію потужності сонячних установок, враховуючи тінь, орієнтацію та ефективність кожної окремої панелі.

1.2. Програмне забезпечення для проектування вітрових електростанцій

Проектування вітрових електростанцій також має свої особливості. Вітрові турбіни потребують детальних розрахунків, що включають географічне розташування, характеристики вітру, тип турбін і багато інших факторів. Існує кілька спеціалізованих програм, які використовуються для проектування таких систем.

1.2.1. WindPro

WindPro — це програмне забезпечення, яке використовується для проектування та аналізу вітрових електростанцій. Воно дозволяє здійснювати точний вибір місць для встановлення вітрових турбін, враховуючи середню швидкість вітру, орієнтацію, висоту та інші параметри. Програма має потужні інструменти для моделювання впливу вітрових турбін на навколишнє середовище, а також для прогнозування продуктивності та економічної ефективності проекту.

1.2.2. WAsP (Wind Atlas Analysis and Application Program)

WAsP є одним з найбільш популярних програмних продуктів для моделювання та аналізу вітрових ресурсів. Вона дозволяє детально оцінювати швидкість вітру на різних

висотах і визначати місця з найбільшим потенціалом для встановлення вітрових турбін. Ця програма також допомагає аналізувати вплив навколишнього середовища, топографії і кліматичних умов на роботу вітрових станцій.

1.2.3. WindFarmer

WindFarmer — це програмний інструмент для проектування вітрових електростанцій, який дозволяє здійснювати розрахунки продуктивності вітрових турбін в конкретному регіоні з урахуванням швидкості вітру, перепадів висот, топографії місцевості та інших умов. Цей інструмент допомагає визначити оптимальні варіанти розташування турбін для максимізації ефективності станції.

2. Прогнозування і оптимізація роботи таких систем

Прогнозування та оптимізація роботи відновлюваних джерел енергії є важливою частиною проектування, оскільки вони дозволяють ефективно використовувати доступні ресурси і зменшити витрати на енергетичні установки. Програмне забезпечення для прогнозування і оптимізації дає можливість оцінити очікувану потужність системи, враховуючи змінні природні умови, та знайти оптимальні параметри для зниження витрат і підвищення ефективності.

2.1. Прогнозування виробництва енергії

Прогнозування виробництва енергії з відновлювальних джерел є важливою складовою частиною планування і експлуатації таких систем. Враховуючи змінність природних умов, таких як сила вітру для вітрових станцій або інсоляція для сонячних станцій, прогнозування дозволяє заздалегідь оцінити можливі коливання у виробництві енергії.

2.1.1. Методи прогнозування

Прогнозування базується на різних методах, таких як статистичні моделі, нейронні мережі, методи машинного навчання та інші. Застосування таких методів дозволяє враховувати тенденції в даних і робити точніші прогнози на короткострокову і довгострокову перспективу.

2.1.2. Інструменти прогнозування

Для прогнозування використовуються програмні продукти, такі як WindPRO, SAM та PVSyst, які дозволяють вводити історичні дані і враховувати майбутні кліматичні умови для розрахунку потенційної енергії. Ці інструменти часто інтегруються з базами даних про метеорологічні умови та використовують математичні моделі для прогнозування.

2.2. Оптимізація енергетичних систем

Оптимізація роботи відновлюваних джерел енергії допомагає знижувати витрати і підвищувати ефективність експлуатації таких установок. Основними напрямками оптимізації є оптимальний вибір обладнання, місць розташування і роботи енергетичних систем.

2.2.1. Методи оптимізації

Для оптимізації використовуються різноманітні методи, зокрема методи математичного програмування, методи імітації та генетичні алгоритми. Генетичні алгоритми дозволяють знаходити оптимальні рішення для проектування та експлуатації енергетичних систем шляхом імітації еволюційних процесів.

2.2.2. Інструменти оптимізації

Програмне забезпечення для оптимізації, таке як HOMER, дозволяє моделювати різні сценарії та вибирати оптимальні параметри для встановлення відновлювальних джерел енергії. Це допомагає знизити загальні витрати на проектування і будівництво електростанцій, а також підвищити їх економічну ефективність.

Програмне забезпечення для проектування та оптимізації енергетичних систем на основі відновлюваних джерел енергії відіграє важливу роль у сучасній енергетиці. Використання таких інструментів дозволяє створювати ефективні, економічно вигідні та екологічно чисті енергетичні установки. Прогнозування та оптимізація роботи таких систем є ключовими для досягнення високих показників ефективності та зниження витрат на енергетичні проекти. З розвитком технологій і впровадженням нових методів прогнозування і оптимізації, відновлювальні джерела енергії продовжуватимуть займати важливе місце в енергетичних системах по всьому світу.

Лекція 16: ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ І КЕРУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИМИ СИСТЕМАМИ

Інформаційні технології і автоматизація відіграють критичну роль у сучасному управлінні енергетичними системами. Умови високих вимог до надійності, ефективності, а також зростаючої складності інфраструктури енергетичних мереж зумовлюють необхідність використання спеціалізованих програмних засобів. Одним з таких інструментів є система SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), яка активно застосовується для моніторингу, контролю та управління енергетичними мережами.

У цій лекції ми детально розглянемо використання SCADA для моніторингу енергетичних мереж. Окрему увагу буде приділено структурі SCADA, принципам її роботи, а також визначенню основних параметрів для контролю стану енергетичних систем.

1. Використання SCADA для моніторингу енергетичних мереж

1.1. Структура і принципи роботи SCADA

Система SCADA є одним з найважливіших елементів інфраструктури для управління промисловими процесами в реальному часі. Вона застосовується у всіх галузях, де необхідно здійснювати моніторинг і управління великими комплексами технологічних систем, зокрема

в енергетичних мережах, на електростанціях, в розподільних мережах, на насосних станціях та в багатьох інших об'єктах.

SCADA складається з кількох основних компонентів, що забезпечують її функціонування:

1. Польові пристрої (Field Devices): Це датчики, вимірювальні прилади і реле, що моніторять різні фізичні параметри, такі як температура, вологість, тиск, напруга, струм і інші характеристики, що важливі для аналізу і контролю роботи енергетичної системи.
2. Контролери (RTU - Remote Terminal Units): Це пристрої, що зчитують дані з польових пристроїв, обробляють їх і передають на центральний контролер або сервер SCADA. RTU можуть також виконувати певні прості операції, наприклад, вмикати або вимикати обладнання за командами з центральної системи.
3. Центральна система SCADA: Це комп'ютеризоване управління та моніторинг, яке складається з серверів, баз даних, програмного забезпечення для аналізу і обробки даних. Вона отримує інформацію від RTU і здійснює контроль та управління всією енергетичною мережею.
4. Частини інтерфейсу людина-машина (HMI - Human-Machine Interface): Це програмне забезпечення, яке дозволяє операторам контролювати роботу енергетичної мережі. За допомогою HMI оператори можуть переглядати параметри системи в реальному часі, а також відправляти команди для регулювання роботи об'єктів мережі.
5. Програмне забезпечення для аналізу та обробки даних: Це інтерфейс між операторами та технологічними пристроями, через який здійснюється моніторинг, контроль і управління. Включає алгоритми для аналізу даних, попередження про можливі проблеми, а також для здійснення автоматичного контролю.

1.2. Принципи роботи SCADA

SCADA є дистрибутивною системою, де обробка і контроль даних можуть здійснюватися як локально, так і віддалено. Основний принцип роботи SCADA базується на збиранні даних у реальному часі і передачі їх на центральний пункт для подальшого аналізу, зберігання та використання. Ось як працює система:

1. Збір даних: Всі підключені датчики і пристрої зчитують інформацію про поточний стан енергетичної мережі. Це можуть бути дані про напругу, струм, потужність, температуру та інші важливі параметри.
2. Передача даних: Зібрані дані від польових пристроїв передаються через мережу зв'язку (наприклад, через Ethernet, мобільний зв'язок або радіоканали) до контролерів RTU або безпосередньо до центрального пункту SCADA.

3. Обробка даних: Програмне забезпечення на сервері SCADA здійснює обробку отриманих даних, створює моделі для прогнозування та аналізу стану мережі, а також проводить порівняння з оптимальними параметрами, які дозволяють визначити аномалії чи відхилення в роботі.
4. Прийняття рішень і передача команд: Якщо система виявляє якісь проблеми або відхилення в роботі, вона автоматично або вручну передає команду для коригування ситуації. Це може бути, наприклад, регулювання потужності, вмикання/вимикання обладнання або зміна налаштувань мережі.
5. Моніторинг і управління: Через НМІ інтерфейс оператори можуть спостерігати за роботою енергетичної мережі в реальному часі, отримувати попередження та повідомлення про критичні ситуації, а також здійснювати управлінські дії, зокрема коригувати налаштування, змінювати параметри роботи системи тощо.

1.3. Визначення параметрів для контролю стану енергетичної системи

Щоб здійснити ефективний моніторинг енергетичних мереж, важливо визначити ключові параметри, які повинні бути під контролем. Ці параметри залежать від типу енергетичної мережі та її компонентів (електричні мережі, теплові системи, гідравлічні системи тощо). Основні параметри, які відстежуються за допомогою SCADA:

1. Напруга і струм: Напруга та струм є основними параметрами для моніторингу роботи електричних мереж. SCADA здійснює контроль цих величин на різних етапах мережі, щоб вчасно виявити будь-які відхилення або несправності.
2. Частота: Для електричних мереж важливо підтримувати стабільну частоту, особливо в мережах змінного струму. Відхилення частоти можуть вказувати на проблеми з генерацією або розподілом енергії.
3. Температура: Температура трансформаторів, кабелів, генераторів і інших елементів енергетичних мереж є важливим показником для визначення їх технічного стану. Підвищення температури може сигналізувати про перевантаження або несправність обладнання.
4. Тиск: У гідравлічних та теплових системах, таких як насосні станції або котельні, контроль за тиском є критичним для безпеки і ефективності роботи. SCADA відстежує зміни тиску, щоб своєчасно реагувати на будь-які проблеми.
5. Потужність: Для оптимізації роботи енергетичних систем важливо моніторити активну та реактивну потужність, яку генерують або споживають елементи мережі.
6. Енергія: Відстеження виробленої та спожитої енергії дає змогу визначити ефективність роботи мережі, а також прогнозувати її навантаження.
7. Інтерфейс стану: Важливим елементом є також стан різних елементів мережі — чи працюють вони в штатному режимі, чи є у них аварії або попередження.

8. Навантаження: Визначення рівня навантаження на елементи мережі дозволяє запобігати перевантаженням та вчасно виявляти проблеми.

2. Практичні приклади застосування SCADA в енергетичних системах

2.1. Контроль роботи електричних мереж

У великих електричних мережах SCADA використовується для моніторингу та управління різними елементами, включаючи трансформатори, розподільчі підстанції, генератори та споживачів енергії. Вона дозволяє не тільки здійснювати поточний моніторинг, але й проводити прогнозування, оцінку навантаження та ефективності роботи.

2.2. Автоматичне управління енергетичними мережами

Система SCADA може здійснювати автоматичне управління в разі виникнення аварійних ситуацій або відхилень від нормальної роботи. Наприклад, при перевантаженні трансформатора або виникненні короткого замикання, система може автоматично відключити пошкоджені ділянки мережі для запобігання подальшому поширенню проблем.

2.3. Підвищення енергетичної ефективності

Завдяки використанню SCADA можна оптимізувати роботу енергетичних систем, знижуючи витрати енергії і підвищуючи ефективність. Наприклад, автоматичне регулювання рівня навантаження і потужності на різних ділянках мережі допомагає знижувати енергетичні втрати.

Система SCADA є незамінним інструментом для моніторингу, контролю та управління енергетичними системами. Вона дозволяє здійснювати нагляд за всіма елементами мережі в реальному часі, своєчасно виявляти відхилення від нормальних параметрів і здійснювати необхідні коригування для забезпечення безпеки і ефективності роботи. Використання SCADA в енергетичних мережах дозволяє забезпечити стабільну роботу великих енергетичних інфраструктур, підвищити їх надійність, знизити витрати і поліпшити управління ресурсами.

Лекція 17: АНАЛІЗ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ В РОБОТІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК З ВИКОРИСТАННЯМ ПЗ

Оптимізація роботи енергетичних систем є однією з найважливіших задач для забезпечення ефективного, надійного і економічного функціонування енергетичних установок. З розвитком сучасних технологій, таких як використання програмного забезпечення для аналізу та оптимізації, з'являється новий рівень ефективності та точності в прийнятті рішень, що стосуються експлуатації енергетичних систем. Програмне забезпечення для аналізу та оптимізації роботи енергетичних установок дозволяє не тільки вдосконалити

процеси управління енергетичними ресурсами, а й суттєво знизити витрати та екологічний вплив.

У цій лекції ми розглянемо методи оптимізації роботи енергетичних систем, застосовуючи різні види програмного забезпечення для розрахунку та аналізу, а також вплив статистичних та математичних моделей на підвищення ефективності вироблення та споживання енергії.

1. Методи оптимізації роботи енергетичних систем

1.1. Підвищення ефективності вироблення та споживання енергії

У сучасному світі, де питання енергозбереження і мінімізації витрат енергії стають все більш актуальними, оптимізація роботи енергетичних систем займає важливе місце. Для досягнення максимальної ефективності вироблення та споживання енергії застосовуються різноманітні підходи та методи.

1.1.1. Оптимізація роботи генеруючих установок

Одним з основних напрямків оптимізації є зниження витрат палива та збільшення коефіцієнта корисної дії (ККД) енергетичних установок. Це досягається через використання:

- Моделювання динаміки роботи генераторів: Програмні засоби для моделювання дозволяють прогнозувати режим роботи енергетичних установок, враховуючи різні зовнішні та внутрішні фактори, що можуть впливати на ефективність генерації.
- Адаптивне керування роботою генераторів: Завдяки алгоритмам оптимізації, наприклад, за допомогою методів градієнтного спуску або генетичних алгоритмів, можна автоматично налаштовувати параметри роботи генераторів для досягнення максимального ККД.
- Інтеграція поновлюваних джерел енергії: Врахування вітрових і сонячних генераторів у загальній схемі енергетичної системи дозволяє оптимізувати виробництво енергії, знижуючи залежність від традиційних джерел палива.

1.1.2. Оптимізація споживання енергії

Оптимізація споживання енергії включає в себе зменшення втрат під час транспортування, підвищення ефективності в споживчих установках і управління споживанням:

- Моделі для моніторингу та керування споживанням: За допомогою SCADA-систем та програм для аналізу енергоспоживання можна забезпечити автоматичне коригування режимів роботи споживачів в залежності від поточного навантаження на мережу.
- Енергетичне зберігання: Інтелектуальні системи зберігання енергії дозволяють зберігати надлишкову енергію під час низького навантаження і використовувати її під час пікових навантажень. Програмне забезпечення для аналізу допомагає визначити оптимальні параметри для роботи таких систем.

- Моделювання енергетичних потоків в реальному часі: Сучасні ПЗ дозволяють здійснювати моніторинг енергетичних потоків, що дає змогу своєчасно реагувати на зміну навантаження і оптимізувати споживання енергії в залежності від ситуації.

1.1.3. Технічне обслуговування та інтервенція

Регулярне технічне обслуговування енергетичних установок також є важливим елементом для підтримки ефективної роботи енергетичних систем. Програмні засоби можуть бути використані для прогнозування збоїв та необхідності технічного обслуговування на основі даних про стан устаткування та умов роботи.

1.2. Розрахунок на основі статистичних і математичних моделей

Для ефективної оптимізації енергетичних систем використовуються різноманітні статистичні та математичні моделі. Вони дозволяють здійснювати точні прогнози, оцінювати ризики та визначати оптимальні стратегії для управління енергетичними установками.

1.2.1. Статистичні моделі

Статистичні методи використовуються для моделювання та прогнозування різноманітних факторів, що можуть впливати на роботу енергетичних установок. Вони дозволяють отримувати оцінки на основі історичних даних та випадкових коливань у системі.

- Моделі часу і прогнозування навантажень: Використовуючи методи часового ряду, можна прогнозувати зміни в енергетичних навантаженнях. Ці моделі враховують як сезонні, так і випадкові коливання в споживанні енергії.
- Моделі на основі статистичних даних: Статистичні аналізи можуть бути використані для виявлення закономірностей у роботі енергетичних установок, що дозволяє зменшити ймовірність неефективного або аварійного використання ресурсів.

1.2.2. Математичні моделі

Математичні моделі є основою для більш складних розрахунків і оптимізації, оскільки вони дозволяють на основі певних рівнянь і алгоритмів точніше відображати реальні процеси.

- Моделювання енергетичних потоків: Одним з основних завдань математичного моделювання є визначення оптимальних параметрів енергетичних потоків у системі. Це включає в себе рішення диференціальних рівнянь, що описують процеси транспортування і розподілу енергії в мережі.
- Оптимізація розподілу енергетичних ресурсів: Математичні моделі дозволяють знаходити оптимальні схеми розподілу енергії між різними джерелами або частинами мережі. Алгоритми, засновані на математичних моделях, допомагають максимізувати ефективність роботи енергетичних установок і знижувати витрати енергії.
- Моделювання технічних процесів в енергетичних установках: Використання математичних моделей для моделювання теплових і гідравлічних процесів дозволяє

проводити оптимізацію роботи котлів, трансформаторів і насосних станцій. Це дозволяє знизити енергетичні витрати і збільшити довговічність обладнання.

- Алгоритми оптимізації: Найбільш поширені методи оптимізації, що використовуються для енергетичних систем, включають лінійне і нелінійне програмування, а також методи глобальної оптимізації. Ці алгоритми дозволяють знаходити оптимальні параметри для забезпечення мінімальних витрат при заданих обмеженнях.

1.2.3. Системи підтримки прийняття рішень (DSS)

Системи підтримки прийняття рішень (DSS) є потужним інструментом для аналізу та оптимізації в енергетичних системах. Вони дозволяють не лише проводити точні розрахунки, але й аналізувати різні варіанти розвитку подій, прогнозуючи можливі наслідки кожного з них. Ці системи інтегрують як статистичні, так і математичні моделі, допомагаючи керівникам і операторам приймати обґрунтовані рішення щодо управління енергетичними установками.

2. Практичне застосування програмного забезпечення для оптимізації енергетичних установок

2.1. Впровадження програм для аналізу та оптимізації роботи теплових і гідравлічних установок

Програмне забезпечення для оптимізації теплових і гідравлічних установок дозволяє автоматизувати численні процеси, які раніше виконувалися вручну. Моделювання теплових процесів у котлах і турбінах, а також гідравлічних процесів у трубопроводах і насосних станціях, дає змогу знаходити оптимальні умови для роботи цих установок.

2.2. Системи автоматичного контролю та адаптації до змінних умов

Системи автоматичного контролю, засновані на аналізі великих даних і програмному забезпеченні для оптимізації, дозволяють здійснювати реальний моніторинг і контроль стану енергетичних установок в умовах змінних навантажень, зміни паливної економії або змін у мережевих параметрах.

2.3. Програмне забезпечення для оцінки енергетичних потоків у реальному часі

Інтегровані програмні пакети дозволяють здійснювати моніторинг і управління енергетичними потоками в реальному часі, знижуючи ймовірність аварійних ситуацій і забезпечуючи ефективну роботу енергетичних мереж.

Аналіз та оптимізація роботи енергетичних установок є критично важливими аспектами для забезпечення ефективної роботи енергетичних систем. Використання програмного забезпечення для розрахунків, моделювання та оптимізації дозволяє забезпечити найкращі умови для вироблення та споживання енергії, знижуючи витрати та підвищуючи ефективність. Окрім того, ці інструменти значно полегшують процеси управління, прогнози та технічне обслуговування, що, в свою чергу, сприяє стабільності і надійності енергетичних систем.

Лекція 18: ПІДСУМКОВЕ ЗАНЯТТЯ: ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В ІНЖЕНЕРІЇ: ТЕНДЕНЦІЇ ТА МАЙБУТНЄ

Інженерія є однією з найбільш динамічних і швидко розвиваючихся галузей, де використання програмного забезпечення стало невід'ємною частиною процесу проектування, розрахунків, аналізу та оптимізації. Сучасні інженерні розрахунки неможливі без ефективних комп'ютерних інструментів, здатних обробляти великі обсяги даних, проводити складні математичні моделі та здійснювати прогнози на основі аналізу різноманітних факторів. У цій лекції ми розглянемо основні тенденції розвитку програмного забезпечення в інженерії, зокрема в енергетичних розрахунках, а також обговоримо майбутнє програмного забезпечення в енергетичних системах, де ключову роль відіграватимуть новітні технології, такі як штучний інтелект, машинне навчання і великі дані.

1. Тенденції розвитку програмного забезпечення в інженерних розрахунках

1.1. Штучний інтелект і машинне навчання в інженерії

Штучний інтелект (ШІ) і машинне навчання (МН) займають важливе місце в розвитку інженерних розрахунків. Ці технології дозволяють автоматизувати багато процесів, зменшувати кількість помилок, а також допомагають у прийнятті рішень на основі великих обсягів даних. У поєднанні з потужними обчислювальними можливостями сучасних комп'ютерів, ШІ і МН дозволяють досягти значних результатів у різних галузях інженерії.

1.1.1. Використання ШІ для оптимізації енергетичних систем

У сфері енергетики ШІ має широкий спектр застосувань. Наприклад, для оптимізації роботи енергетичних мереж можуть використовуватися алгоритми машинного навчання, що дозволяють адаптувати роботу енергетичних установок у реальному часі в залежності від змін у попиті на енергію або умовах зовнішнього середовища. Моделі на основі ШІ здатні автоматично налаштовувати параметри генерації енергії або роботи трансформаторів, мінімізуючи витрати і підвищуючи ефективність.

1.1.2. Прогнозування та діагностика на основі МН

Однією з ключових переваг машинного навчання є його здатність здійснювати прогнозування на основі аналізу історичних даних. У випадку з енергетичними системами це дозволяє:

- Прогнозувати потреби в енергії в різних умовах, що дає змогу оптимізувати розподіл навантаження.
- Виконувати діагностику стану енергетичних установок, визначати потенційні несправності до того, як вони стануть критичними, і вживати необхідних заходів.

1.1.3. Інтелектуальне управління енергетичними ресурсами

Використання ІІІ для управління енергетичними системами забезпечує інтеграцію даних з різних джерел, включаючи інформацію про стан обладнання, попит на енергію, ціни на енергоносії тощо. Алгоритми на основі машинного навчання дозволяють створювати прогнози і приймати автоматизовані рішення для оптимального використання енергетичних ресурсів.

1.2. Інновації та новітні інструменти для енергетичних розрахунків

Інженерія і енергетика постійно розвиваються, і з'являються нові інструменти для розрахунків, моделювання, оптимізації та аналізу. Одним із головних чинників, що сприяє цьому розвитку, є значні досягнення в комп'ютерних технологіях та обчислювальних потужностях.

1.2.1. Хмарні технології

Хмарні обчислення стають важливим елементом інженерії, зокрема в енергетичних розрахунках. Вони дозволяють обробляти великі обсяги даних в реальному часі, здійснювати спільну роботу з іншими фахівцями в межах проекту, а також здійснювати дистанційне управління енергетичними системами. Хмарні платформи, що забезпечують доступ до потужних комп'ютерних ресурсів, дають змогу проводити складні моделювання без необхідності володіти дорогою інфраструктурою.

1.2.2. Великі дані та аналітика

Обробка великих даних (Big Data) у поєднанні з аналітичними інструментами дозволяє отримувати більш точні прогнози і розрахунки. Великі дані у сфері енергетичних систем збираються з численних датчиків, пристроїв і систем моніторингу, які встановлені на енергетичних установках і в енергетичних мережах.

Завдяки використанню передових технологій аналізу великих даних, інженери можуть отримувати:

- Детальніші дані про стан мереж і обладнання;
- Можливість швидко реагувати на несправності та мінімізувати час простою;
- Інсайти для прийняття більш ефективних рішень на всіх етапах енергетичного циклу.

1.2.3. Моделювання на основі фізичних законів

Новітні програмні пакети дозволяють здійснювати моделювання енергетичних систем з високим рівнем точності. Вони включають моделі теплових, механічних, гідравлічних та електричних процесів, що дозволяють відтворювати реальні умови і прогнози для роботи енергетичних установок в різних режимах.

2. Майбутнє програмного забезпечення в енергетичних системах

2.1. Інтеграція технологій інтернету речей (IoT)

Одним із найважливіших напрямків розвитку майбутнього програмного забезпечення для енергетичних систем є інтеграція Інтернету речей (IoT). IoT забезпечує підключення

численних пристроїв та сенсорів до єдиної платформи, що дозволяє здійснювати моніторинг та управління енергетичними системами в реальному часі.

- Розподілені сенсори: Сенсори, встановлені на різних елементах енергетичних установок, дозволяють збирати дані про температури, тиски, витрати палива та інші критичні параметри, що дає змогу проводити точний аналіз і прогнозування можливих змін.
- Автоматизація управління: В майбутньому системи на основі IoT будуть мати здатність до автоматичного реагування на зміни в режимах роботи енергетичних установок, а також до самостійного коригування параметрів для досягнення оптимальної ефективності.

2.2. Інтелектуальні енергетичні мережі (Smart Grids)

Інтелектуальні енергетичні мережі є майбутнім розвитку енергетичних систем. Вони поєднують новітні технології для моніторингу і керування енергетичними потоками, а також забезпечують інтеграцію відновлюваних джерел енергії, які можуть бути нестабільними.

- Гнучке управління: Смарт-мережі здатні автоматично адаптуватися до змінних умов, таких як зміни попиту на енергію або непередбачувані зміни в генерації енергії від сонячних і вітрових електростанцій.
- Інтерфейс для споживачів: В майбутньому буде зростати роль інтерфейсів для споживачів, які зможуть у реальному часі управляти своїм енергоспоживанням через мобільні додатки чи інші цифрові засоби.

2.3. Використання квантових обчислень

Хоча квантові обчислення знаходяться на ранніх етапах розвитку, їх потенціал у сфері енергетичних розрахунків неймовірно великий. Квантові комп'ютери здатні проводити значно складніші розрахунки, ніж сучасні класичні комп'ютери, і можуть значно прискорити процеси моделювання та оптимізації.

- Швидкість розрахунків: Завдяки квантовим обчисленням, обчислювальні процеси можуть значно прискоритися, що дозволить в реальному часі проводити моделювання енергетичних систем, що, в свою чергу, допоможе швидко реагувати на зміни в умовах роботи енергетичних мереж.
- Оптимізація великих даних: Квантові алгоритми можуть значно покращити процеси аналізу великих даних, що дозволить здійснювати більш точні прогнози та забезпечити більш ефективне управління енергетичними потоками.

Програмне забезпечення в інженерії, зокрема в енергетичних системах, переживає бурхливий розвиток. Штучний інтелект, машинне навчання, інтернет речей, великі дані і квантові обчислення відкривають нові можливості для точного прогнозування, оптимізації та управління енергетичними мережами. Майбутнє програмного забезпечення для енергетичних

систем включає в себе все більшу інтеграцію цих технологій, що дозволить знижувати витрати, підвищувати ефективність та стабільність енергетичних систем, а також забезпечити сталий розвиток енергетики в умовах змінного попиту та кліматичних умов.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сідоров Д. Є., Казак І. О. Програмне забезпечення інженерних розрахунків: лабораторний практикум. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 166 с. URI: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/50645>
2. Пакети прикладних програм для електротехнічних розрахунків: збірник завдань до модульної контрольної роботи навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. В. Чижевський, В. І. Моссаковський. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 34 с. URI: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48552>
3. Pressman R. S., Maxim B. R. Software Engineering: A Practitioner's Approach. 9th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2019. 944 p.
4. Electrical Engineering Portal. Download Center. URL: <https://electrical-engineering-portal.com/download-center>
5. All About Circuits Team. Textbook for Electrical Engineering & Electronics. Online edition. URL: <https://www.allaboutcircuits.com/textbook>
6. Dystlab TechEditor. URL: <https://dystlab.com/en/techeditor>
7. Chao T., Badarch T. Research on Civil Engineering Software for Engineering Computation. *American Journal of Computer Science and Technology*. 2022. Vol. 5, no. 2. P. 63. URL: <https://doi.org/10.11648/j.ajcst.20220502.16>
8. EDN Network. Engineering articles and tutorials. URL: <https://www.edn.com>
9. ScienceDirect. Article: The application of numerical methods in engineering. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221509862034252X>
10. Concurrent Engineering. Why You Need Engineering Calculation Software. URL: <https://www.concurrent-engineering.co.uk/Blog/bid/92925/Why-you-need-engineering-calculation-software>
11. PTC Mathcad. Engineering Calculations Software. URL: <https://support.ptc.com/mathcad/engineering-calculations-software/>
12. ConstructionPlacements. List of Engineering Calculation Software. URL: <https://www.constructionplacements.com/engineering-calculation-software-list/>
13. InstituteData. Math for Software Engineering. URL: <https://www.institutedata.com/blog/math-for-software-engineering/>
14. Calculation of Optimal Geometric Parameters Electrical Apparatus for Controlling the Irrigation System / O. Sadovoy et al. *2023 IEEE 5th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES)*, Kremenichuk, Ukraine, 27–30 September 2023. 2023. URL: <https://doi.org/10.1109/mees61502.2023.10402456>

15. Effect of the Rigid Interlayer Thickness on the Stress-Strain State of Metal-Graphite Assemblies Under Thermal Loading / G. V. Ermolaev et al. *Strength of Materials*. 2017. Vol. 49, no. 3. P. 422–428. URL: <https://doi.org/10.1007/s11223-017-9882-4>.

16. Matvienko M. V., Martynenko V. O., Vakhonina L. V. Stress–Strain State of Joints with a Soft Interlayer Under Mechanical Loading. *International Applied Mechanics*. 2023. URL: <https://doi.org/10.1007/s10778-023-01203-3>

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В ІНЖЕНЕРНИХ РОЗРАХУНКАХ

Укладач: **Мартиненко** Володимир Олександрович

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 4,5.

Тираж 20 прим. Зам. № _____

Надруковано у видавничому відділі
Миколаївського національного університету
54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013 р.