

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В ІНЖЕНЕРНИХ РОЗРАХУНКАХ

методичні рекомендації для виконання практичних робіт здобувачами 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

Укладач:

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.

ЗМІСТ

Вступ	4
1. Огляд курсу	5
2. Методика виконання практичних робіт	7
3. Практичні роботи	9
Практична робота 1: Введення в програмне забезпечення для інженерних розрахунків (MathCAD)	9
Практична робота 2: Розрахунок електричних параметрів за допомогою MATLAB	11
Практична робота 3: Моделювання електричних мереж за допомогою Simulink	14
Практична робота 4: Розрахунок і аналіз короткого замикання в електричних мережах (ETAP)	17
Практична робота 5: Аналіз режимів роботи електричних мереж за допомогою PSpice	20
Практична робота 6: Розрахунок напруги та струму в лінійних та нелінійних електричних схемах (MATLAB)	22
Практична робота 7: Моделювання динаміки електричних систем (Simulink)	26
Практична робота 8: Проектування та оптимізація електричних мереж з використанням ETAP	28
Список використаних джерел	32

ВСТУП

У сучасній енергетичній галузі особливу роль відіграють електричні мережі та системи, які забезпечують надійне розподілення та використання електричної енергії. Проектування, аналіз і оптимізація таких мереж є важливими аспектами для підвищення їх ефективності, зниження втрат енергії та забезпечення стабільної роботи всіх компонентів системи.

Виконання практичних робіт є невід'ємною частиною навчального процесу для здобувачів вищої освіти, які готуються до роботи в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки. Метою цих робіт є надання студентам можливості застосувати теоретичні знання на практиці, вивчаючи основи проектування та аналізу електричних мереж, а також використання сучасних програмних засобів для моделювання та оптимізації роботи цих систем.

Ці методичні рекомендації мають на меті сприяти ефективному виконанню практичних робіт з тем, пов'язаних із проектуванням та оптимізацією електричних мереж, аналізом режимів їх роботи та забезпеченням надійності і безпеки функціонування систем. Студенти ознайомляться з такими програмами, як ETAP, MATLAB, Simulink, PSpice, які є основними інструментами для моделювання, аналізу та оптимізації електричних мереж.

У рамках практичних робіт студенти отримають навички проектування електричних схем, розрахунку електричних параметрів (напруги, струму, потужності), а також зможуть проводити симуляції для оцінки роботи системи при різних навантаженнях, коротких замиканнях та інших умовах. Основним завданням є навчити студентів ефективно використовувати програмне забезпечення для розв'язання інженерних задач і прийняття обґрунтованих рішень щодо оптимізації роботи електричних мереж.

Практичні роботи дозволяють студентам розвивати аналітичне та інженерне мислення, готуючи їх до реальних завдань, з якими вони зіштовхнуться в майбутній професійній діяльності, а також поглиблювати знання в галузі проектування та оптимізації енергетичних систем.

1. ОГЛЯД КУРСУ

Метою курсу є ознайомлення здобувачів вищої освіти з основами використання програмного забезпечення для виконання інженерних розрахунків в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки. Курс має на меті формування в студентів навичок роботи з сучасними програмними продуктами для моделювання, аналізу та оптимізації електричних мереж, розрахунку електричних параметрів, а також вирішення практичних задач у галузі проектування та експлуатації електротехнічних систем.

Завдання курсу

1. Ознайомлення з основами програмного забезпечення для інженерних розрахунків:
 - Вивчення функціональних можливостей програм, таких як MathCAD, MATLAB, Simulink, PSpice, ETAP, AutoCAD тощо, що використовуються для вирішення інженерних задач.
 - Навчання використанню цих програм для виконання точних розрахунків і моделювання електричних схем і систем.
2. Розвиток навичок моделювання та аналізу електричних систем:
 - Моделювання електричних мереж та різних параметрів їх роботи, таких як напруга, струм, потужність, коротке замикання, стабільність роботи систем.
 - Виконання розрахунків і аналізу різних режимів роботи електричних мереж, проектування та оптимізація мереж для зменшення втрат і підвищення ефективності.
3. Формування навичок у розв'язанні інженерних задач з використанням програмного забезпечення:
 - Розв'язання типових задач у галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.
 - Виконання проектних завдань за допомогою програмного забезпечення для аналізу та оптимізації роботи електричних мереж.
4. Розвиток навичок аналізу результатів та прийняття інженерних рішень:
 - Оцінка точності отриманих результатів та порівняння з теоретичними даними.
 - Формування вмінь у виборі оптимальних рішень для проектування та експлуатації електричних мереж і систем.
5. Підготовка до виконання комплексних інженерних завдань:
 - Підготовка здобувачів до виконання складних інженерних розрахунків, що потребують застосування сучасних технологій та методів обчислень.
 - Навчання навичок роботи в командах для вирішення масштабних інженерних задач.

6. Оволодіння навичками самостійного навчання та розвитку в галузі інженерних розрахунків:

- Створення умов для самостійного вивчення та освоєння нових програмних засобів, що використовуються в галузі електроенергетики.
- Поглиблене освоєння інструментів для подальшого професійного розвитку.

В умовах сучасного розвитку технологій та глобалізації, зростає потреба в висококваліфікованих спеціалістах, які здатні ефективно використовувати програмне забезпечення для вирішення складних інженерних задач. У галузях електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, де точність розрахунків та ефективність проектування є ключовими факторами для забезпечення безпеки та надійності систем, використання спеціалізованих програмних засобів є необхідним.

Сучасні електричні та електротехнічні системи стають все більш складними та багатофункціональними. Для розв'язання складних задач проектування та експлуатації таких систем необхідне використання програмного забезпечення, яке дозволяє точно та швидко виконувати розрахунки, моделювання і аналіз різних режимів роботи.

Використання програмного забезпечення значно підвищує точність інженерних розрахунків, зменшуючи ймовірність помилок, які можуть виникнути при ручному розрахунку. Крім того, програмні засоби дозволяють проводити складні аналізи (наприклад, аналіз короткого замикання, стабільності, оптимізації параметрів мережі), що неможливо зробити за допомогою традиційних методів.

Використання програм для моделювання та аналізу значно скорочує час, необхідний для виконання розрахунків. Це дозволяє інженерам і проектувальникам швидше оцінити роботу системи, внести необхідні зміни в проект та забезпечити оперативність у вирішенні поточних завдань.

Оскільки сучасні інженери повинні бути готовими до роботи з інноваційними технологіями та програмним забезпеченням, курс "Програмне забезпечення в інженерних розрахунках" сприяє формуванню практичних навичок у роботі з сучасними інструментами, що є важливим для підготовки фахівців, здатних успішно адаптуватися до вимог сучасної промисловості.

Автоматизація інженерних розрахунків дозволяє значно знизити витрати часу та ресурсів на розробку та впровадження нових проектів. Використання програмного забезпечення дозволяє не тільки автоматизувати розрахункові процеси, але й здійснювати оптимізацію проектних рішень, враховуючи численні фактори, які впливають на ефективність і безпеку електричних мереж.

Враховуючи глобальну тенденцію до впровадження "розумних" мереж, які інтегрують інформаційні технології для управління енергетичними процесами, роль програмного

забезпечення в інженерних розрахунках стає ще важливішою. Це вимагає від інженерів знання новітніх програмних інструментів для моделювання та аналізу таких складних, адаптивних систем.

З огляду на глобалізацію та інтеграцію електричних систем, для забезпечення їх надійності та ефективності важливо дотримуватися міжнародних стандартів та рекомендацій. Використання програмного забезпечення, що підтримує ці стандарти, дозволяє знизити ризики та забезпечити високий рівень безпеки при проектуванні та експлуатації електричних систем.

2. МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

Структура практичних робіт

1. Мета роботи

У цьому розділі необхідно чітко сформулювати, що саме студент має досягти в результаті виконання практичної роботи. Мета повинна бути специфічною, вимірною і відповідати на питання: що студент навчиться робити після виконання роботи.

Приклад:

Метою цієї роботи є освоєння основ використання MathCAD для розрахунку електричних параметрів (напруга, струм, потужність) у простих лінійних електричних колах.

2. Теоретична частина

У цьому розділі надається коротка теоретична інформація, що є основою для виконання роботи. Це можуть бути:

- Огляд теоретичних принципів і законів, що будуть використовуватися під час виконання роботи.
- Пояснення ключових понять і теоретичних основ розрахунків, що стосуються конкретної практичної задачі.
- Опис методів розрахунку, які будуть застосовуватись у програмному забезпеченні.
- Математичні формули та їхні пояснення, якщо це необхідно для роботи.

Приклад: В електричних ланцюгах для визначення струму використовують закон Ома: $I=U/R$ де I — струм, U — напруга, R — опір. У даній практичній роботі ми будемо застосовувати цей закон для розрахунку струму в лінійних електричних колах, використовуючи MathCAD для автоматизації обчислень.

3. Завдання

Завдання визначаються конкретними діями, які студент має виконати в процесі роботи. Це може включати створення моделей, розрахунки, побудову графіків, аналіз результатів тощо.

Приклад:

- Розрахувати електричні параметри лінійного кола за допомогою MathCAD.
- Побудувати графік залежності струму від опору при сталому значенні напруги.
- Виконати перевірку результатів на точність і співвідношення з теоретичними значеннями.

4. Опис програмного забезпечення, яке буде використовуватись

У цьому розділі надається інформація про програмне забезпечення, яке буде використовуватися для виконання роботи, його функціональні можливості, інтерфейс, особливості роботи з ним. Це дозволить студенту швидко зорієнтуватися і почати працювати з програмою.

Приклад: Для цієї роботи буде використовуватися MathCAD — потужний інструмент для математичних обчислень і моделювання. Він дозволяє створювати складні математичні вирази, вирішувати рівняння та побудовувати графіки залежностей. MathCAD підтримує велику кількість математичних функцій, що робить його ідеальним для інженерних розрахунків.

5. Опис процесу виконання розрахунків

Цей розділ описує покроково, як саме студент повинен виконати розрахунки або моделювання за допомогою програмного забезпечення. Це може включати конкретні інструкції для введення даних, виконання операцій, створення графіків та збереження результатів.

Приклад:

- Відкриваємо MathCAD і створюємо новий файл.
- Вводимо значення напруги $U=220\text{ В}$ і опору $R=10\ \Omega$.
- Використовуємо формулу закону Ома для обчислення струму: $I=U/R$.
- Виводимо результат на екран і побудуємо графік залежності струму від опору при сталому значенні напруги.
- Зберігаємо файл з результатами роботи.

6. Аналіз результатів

У цьому розділі студент повинен проаналізувати отримані результати, порівняти їх з теоретичними або очікуваними значеннями, оцінити точність розрахунків і зробити висновки щодо правильності виконаних дій.

Приклад: Отриманий струм $I=22\text{ А}$ відповідає теоретичному значенню, яке можна було б отримати вручну, використовуючи закон Ома. Графік показує лінійну залежність струму від опору, що підтверджує правильність виконаних розрахунків. Похибка не перевищує 2%, що свідчить про високу точність виконаних обчислень.

3. ПРАКТИЧНІ РОБОТИ

Практична робота 1: Введення в програмне забезпечення для інженерних розрахунків (MathCAD)

Мета: Ознайомлення з основами роботи в **MathCAD**, створення математичних виразів і таблиць, використання графіків для візуалізації результатів розрахунків. Студенти повинні навчитися використовувати MathCAD для розрахунку основних електричних параметрів, таких як напруга, струм та потужність, а також для виконання аналізу змінних параметрів, таких як вплив температури на провідність.

Завдання:

1. Розрахунок основних електричних параметрів: напруга, струм, потужність.
 - Задача: Використовуючи закон Ома, обчислити струм і потужність в електричному колі.

Дано:

 - Напруга $U=220\text{ В}$
 - Опір $R=10\ \Omega$
 - Задача: Розрахувати потужність для різних значень напруги та опору.
2. Виконання аналізу змінних параметрів: вплив температури на провідність.
 - Задача: Дослідити, як зміна температури впливає на провідність матеріалу.
 - Формула для провідності:
$$R_T = R_0(1 + \alpha \cdot \Delta T)$$
 - де:
 - R_T — електричний опір при температурі T [Ом];
 - R_0 — електричний опір при початковій температурі T_0 [Ом];
 - α — температурний коефіцієнт електричного опору [К⁻¹];
 - ΔT — зміна температури, що становить $T-T_0$ [К].
3. Використання графіків для візуалізації результатів.
 - Побудова графіків залежності струму від опору, потужності від напруги, а також графіків, що показують вплив температури на провідність.
 - Використання функцій MathCAD для побудови графіків і таблиць, що демонструють ці залежності.

Теоретичні основи:

1. Основи MathCAD:
 - MathCAD — це програма для математичних обчислень і візуалізації. Вона дозволяє виконувати точні обчислення, створювати математичні вирази та

автоматично виконувати обчислення при зміні параметрів. MathCAD має зручний інтерфейс для роботи з математичними виразами, підтримує роботу з функціями, графіками, таблицями та іншими математичними інструментами.

2. Математичні функції в MathCAD:

- Основні операції: додавання, віднімання, множення, ділення, піднесення до степеню.
- Функції: MathCAD дозволяє використовувати стандартні математичні функції, такі як синус, косинус, експоненціальну функцію, логарифми та інші.
- Робота з одиницями: MathCAD підтримує одиниці вимірювання (метри, вольти, амperi і т.д.) та автоматично перевіряє правильність розмірностей.

3. Побудова графіків:

- В MathCAD можна побудувати графіки залежностей між параметрами. Для цього потрібно визначити змінні величини та використати команду для побудови графіків. Наприклад, графік залежності потужності від напруги можна побудувати наступним чином:

```
mathcad
```

```
Копировать
```

```
U := 0, 5, 10, ..., 220
```

```
P := U * I
```

```
plot(U, P)
```

- Для побудови графіків необхідно визначити дані (вектори) та використовувати функцію plot() для візуалізації результатів.

4. Робота з таблицями:

- MathCAD дозволяє створювати таблиці для збереження та організації результатів розрахунків. Наприклад, таблиця для розрахунку струму і потужності для різних значень опору та напруги.
- В таблицях MathCAD підтримує обчислення значень на основі введених даних.

Процес виконання роботи:

1. Запуск MathCAD та створення документа.

- Відкрийте MathCAD, створіть новий файл для виконання розрахунків.

2. Введення даних і створення формул.

- Введіть значення для напруги $U=220$ В $U = 220$ \, опору $R=10$ Ω .
- Створіть формули для розрахунку струму і потужності:
 - $I=U/R$
 - $P=U \cdot I$

3. Аналіз змінних параметрів.

- Введіть змінні для температури та провідності, використовуючи формулу для температурної залежності провідності.
 - Побудуйте графік температури і провідності.
4. Візуалізація результатів.
- Побудуйте графіки для залежностей струму від опору, потужності від напруги, а також графіки, що показують зміну провідності при різних температурах.
5. Збереження і аналіз результатів.
- Збережіть файл з результатами роботи. Проаналізуйте отримані графіки та розрахунки, визначте, як зміна параметрів (температури, опору) впливає на електричні параметри.

Аналіз результатів:

- Проаналізуйте графіки залежностей:
 - Як змінюється струм при зміні опору (згідно з законом Ома).
 - Як змінюється потужність при збільшенні напруги.
 - Як температура впливає на провідність матеріалу.
- Оцінка точності результатів: порівняйте отримані значення з теоретичними або очікуваними результатами для перевірки правильності виконаних розрахунків.

Висновок: Після виконання роботи студент має освоїти основи роботи в **MathCAD**, навчитися використовувати математичні функції для розрахунків електричних параметрів, створювати таблиці для збереження результатів та візуалізувати дані за допомогою графіків.

Практична робота 2: Розрахунок електричних параметрів за допомогою MATLAB

Мета: Ознайомити студентів з використанням **MATLAB** для розрахунку основних електричних параметрів, таких як напруга, струм, потужність, а також для моделювання простих електричних кіл. Метою є розвиток навичок програмування в **MATLAB** та вміння працювати з математичними методами для розрахунку електричних параметрів і виведення результатів у вигляді графіків.

Завдання:

1. Створення програми для розрахунку основних параметрів електричних кіл (напруги, струму, потужності):
 - Написати програму для розрахунку струму, потужності та напруги в простих електричних колах за допомогою законів Ома та потужності.
 - Закон Ома: $I=U/R$
 - Закон потужності: $P=U \cdot I$
2. Моделювання простого електричного кола з використанням **MATLAB**:

- Створити модель простого ланцюга з джерелом напруги, опором і навантаженням. Виконати розрахунок струму, потужності та інших електричних параметрів у різних точках кола.
3. Виведення графіків результатів розрахунків:
- Побудувати графіки для змінних параметрів (напруга, струм, потужність) залежно від варіації параметрів (опір, напруга тощо).

Теоретичні основи:

1. Основи програмування в MATLAB:
- MATLAB (Matrix Laboratory) є потужним програмним середовищем для обчислень, яке використовує інтерактивний інтерфейс та дозволяє вирішувати чисельні задачі, моделювати системи, будувати графіки та виконувати аналіз даних.
 - MATLAB використовує власний синтаксис для введення математичних операцій. Операції виконуються поелементно для векторів і матриць, що робить його ідеальним для математичних розрахунків і моделювань.
2. Математичні методи для розрахунку електричних параметрів:
- Закон Ома: Струм у колі пропорційний напрузі та обернено пропорційний опору: $I=U/R$
 - Закон потужності: Потужність в електричному колі дорівнює добутку напруги на струм: $P=U \cdot I$
 - У MATLAB використовуються прості математичні вирази для виконання цих розрахунків.
3. Графіки та візуалізація результатів у MATLAB:
- MATLAB надає зручні інструменти для побудови графіків залежності між параметрами. Функція `plot()` дозволяє будувати графіки для векторів і матриць. Для кожного розрахунку можна побудувати графік, щоб візуалізувати результати і краще зрозуміти взаємозв'язок параметрів.

Процес виконання роботи:

1. Розрахунок струму та потужності:
- Напишемо програму для обчислення струму та потужності для простого електричного кола, де задані значення напруги та опору.

Код MATLAB:

```
matlab
```

Копировать

```
% Вхідні дані
```

```
U = 220; % Напруга в вольтах
```

R = 10; % Опір в омах

% Розрахунок струму за законом Ома

$I = U / R;$

% Розрахунок потужності

$P = U * I;$

% Виведення результатів

disp(['Струм: ', num2str(I), ' A']);

disp(['Потужність: ', num2str(P), ' Вт']);

Цей код розраховує струм та потужність для електричного кола з заданими значеннями напруги та опору.

2. Моделювання електричного кола:

- Для більш складного завдання можна створити модель, де напруга змінюється, а опір змінюється в межах певного діапазону, і провести розрахунки для кожного значення опору.

Код MATLAB для моделювання кола:

matlab

Копировать

% Вхідні дані

U = 220; % Напруга

R = 1:1:100; % Опір від 1 Ом до 100 Ом

% Розрахунок струму для кожного значення опору

$I = U ./ R;$

% Розрахунок потужності для кожного значення струму

$P = U .* I;$

% Побудова графіків

figure;

subplot(2,1,1); % Графік струму

plot(R, I);

title('Залежність струму від опору');

xlabel('Опір (Ом)');

ylabel('Струм (А)');

subplot(2,1,2); % Графік потужності

plot(R, P);

title('Залежність потужності від опору');

xlabel('Опір (Ом)');

ylabel('Потужність (Вт)');

У цьому коді ми змінюємо значення опору від 1 до 100 Ом і для кожного значення опору розраховуємо струм і потужність, після чого будуємо графіки залежності струму та потужності від опору.

3. Виведення графіків результатів:

- MATLAB дозволяє легко вивести графіки для візуалізації отриманих даних. Використовуються функції `plot()` для побудови графіків і `subplot()` для відображення кількох графіків на одному вікні.

Аналіз результатів:

- На графіках можна побачити, як змінюється струм при зміні опору (згідно з законом Ома).
- Потужність збільшується зі збільшенням опору, оскільки потужність залежить від напруги і струму.
- Визначення точності результатів: перевірка співвідношення отриманих результатів з теоретичними значеннями.

Висновок:

Після виконання цієї практичної роботи студент повинен:

- Ознайомитися з основами програмування в MATLAB для розрахунку електричних параметрів.
- Навчитися моделювати прості електричні кола та розраховувати основні параметри (струм, потужність, напруга) для таких схем.
- Вміти використовувати MATLAB для побудови графіків та візуалізації результатів.

Практична робота 3: Моделювання електричних мереж за допомогою Simulink

Мета: Ознайомити студентів з основами використання Simulink для моделювання динамічних процесів в електричних мережах. Метою є навчити студентів створювати моделі електричних мереж, моделювати та аналізувати електричні параметри при різних навантаженнях, а також виконувати аналіз стабільності роботи системи.

Завдання:

1. Створення моделі електричної мережі в Simulink:

- Побудова простого електричного кола (наприклад, лінійна електрична мережа з джерелом напруги, опором і навантаженням).
- Додавання необхідних елементів в Simulink для моделювання електричних мереж.
- Використання компонентів, таких як джерела постійної чи змінної напруги, резистори, індуктивності, конденсатори тощо.

2. Моделювання та аналіз електричних параметрів при різних навантаженнях:
 - Моделювання кола за допомогою Simulink з різними параметрами (напруга, опір, індуктивність).
 - Аналіз впливу змінних навантажень на струм, напругу та інші електричні параметри.
 - Зміна навантаження в режимі реального часу та спостереження за результатами.
3. Виконання аналізу стабільності роботи системи:
 - Моделювання різних сценаріїв роботи системи, включаючи короткі замикання, перевантаження, зміну напруги.
 - Аналіз стабільності роботи системи, пошук режимів, при яких система може втратити стабільність.
 - Оцінка стійкості за допомогою побудови графіків і візуалізації результатів.

Теоретичні основи:

1. Основи моделювання в Simulink:
 - Simulink — це графічне середовище для моделювання та симуляції динамічних систем, яке інтегрується з MATLAB. У Simulink моделювання здійснюється шляхом розташування блоків, що представляють різні елементи системи, і з'єднання їх для створення необхідної схеми.
 - Всі елементи мережі, такі як джерела напруги, резистори, конденсатори, індуктивності тощо, представлені як блоки в Simulink.
 - Для побудови моделі потрібно вибирати відповідні блоки, налаштовувати їх параметри та з'єднувати у єдину систему, що дозволяє здійснювати розрахунки.
2. Особливості роботи з динамічними системами:
 - Динамічні системи — це системи, параметри яких змінюються з часом. У контексті електричних мереж це можуть бути системи з елементами збереження енергії, такими як індуктивності та конденсатори, які впливають на струм і напругу в колі.
 - Моделювання електричних мереж у Simulink дає змогу досліджувати як змінюються параметри в реальному часі, вивчаючи, як система реагує на зміни в навантаженнях або параметрах мережі.
3. Аналіз стабільності системи:
 - Стабільність системи — це здатність системи залишатися в межах допустимих параметрів при зміні умов. У електричних мережах це включає здатність системи витримувати коливання напруги, короткі замикання або перевантаження без втрати нормального функціонування.

- Для аналізу стабільності зазвичай використовуються методи моделювання, що дозволяють спостерігати реакцію системи на швидкі зміни в умовах експлуатації.

Процес виконання роботи:

1. Створення моделі електричної мережі:

- Відкрийте Simulink і створіть новий проект.
- Додайте блоки:
 - DC Voltage Source — для джерела постійної напруги.
 - Resistor, Inductor, Capacitor — для створення пасивних елементів кола.
 - Ground — для заземлення.
- З'єднайте блоки між собою відповідно до схеми кола.
- Налаштуйте параметри джерела напруги (наприклад, 220 В) та елементів кола (наприклад, опір 10 Ом, індуктивність 1 Генрі).

2. Моделювання та аналіз при різних навантаженнях:

- Для створення різних навантажень використовуйте Variable Resistor або Current Source, щоб змінювати навантаження в режимі реального часу.
- Налаштуйте змінні значення опору або струму для вивчення впливу навантаження на параметри системи (напруга, струм).
- Для аналізу виведення даних використовуйте блок Scope для перегляду зміни струму і напруги при зміні навантаження.

3. Аналіз стабільності роботи системи:

- Змодельуйте коротке замикання або перевантаження, додавши блоки Short Circuit або зменшуючи опір до дуже низького значення.
- Спостерігайте за змінами напруги та струму у системі, перевіряючи, чи залишаються вони в межах стабільних значень.
- Створіть графіки для аналізу стабільності роботи системи при різних умовах.

4. Аналіз результатів:

- Використовуйте Scope для виведення значень напруги та струму при різних навантаженнях.
- Побудуйте графіки, що показують залежність струму та напруги від часу або від зміни навантаження.

Аналіз результатів:

- На основі побудованих графіків та даних спостерігайте, як змінюються параметри системи при зміні навантаження (опору, струму).
- Оцінка стабільності: перевірте, чи система зберігає нормальну роботу після змін в параметрах або при коротких замиканнях.

- Проаналізуйте коливання струму і напруги для визначення стабільності системи.

Висновок: Після виконання цієї практичної роботи студент має:

- Ознайомитись з основами роботи в Simulink для моделювання електричних мереж.
- Навчитися створювати моделі електричних кіл і виконувати їх аналіз при різних навантаженнях.
- Оволодіти навичками аналізу стабільності електричних систем за допомогою моделювання та візуалізації результатів у Simulink.

Практична робота 4: Розрахунок і аналіз короткого замикання в електричних мережах (ЕТАР)

Мета: Ознайомити студентів з програмним забезпеченням ЕТАР для аналізу електричних мереж. Метою є вивчення принципів моделювання електричних мереж у ЕТАР, виконання аналізу короткого замикання, оцінка впливу короткого замикання на параметри системи та розрахунок втрат потужності з подальшою оптимізацією роботи мережі.

Завдання:

1. Моделювання електричної мережі та виконання аналізу короткого замикання:
 - Створення моделі електричної мережі в ЕТАР.
 - Проведення аналізу короткого замикання в мережі для визначення струмів короткого замикання.
 - Виконання аналізу для різних типів коротких замикань (однолінійне, дволінійне, трифазне).
2. Оцінка впливу короткого замикання на параметри системи:
 - Оцінка впливу короткого замикання на напругу, струм та інші параметри системи.
 - Аналіз результатів для визначення ділянок мережі, найбільш чутливих до короткого замикання.
3. Розрахунок втрат потужності та оптимізація роботи мережі:
 - Розрахунок втрат потужності в електричній мережі після короткого замикання.
 - Оцінка ефективності роботи системи та можливості оптимізації для зменшення втрат.

Теоретичні основи:

1. Теорія короткого замикання:
 - Коротке замикання — це електричний дефект в мережі, коли два провідники з різними потенціалами з'єднуються між собою, створюючи потік струму, який

значно перевищує нормальні значення. Це може привести до перегріву, пошкодження обладнання або відключення системи.

- Типи коротких замикань:
 - Трифазне коротке замикання (симетричне): Всі три фази замкнуті між собою або на землю.
 - Дволінійне коротке замикання (асиметричне): Замикання відбувається між двома фазами.
 - Однолінійне коротке замикання (асиметричне): Замикання між однією фазою та землею.

2. Основи роботи з ETAP:

- ETAP (Electrical Transient Analyzer Program) — це спеціалізоване програмне забезпечення для моделювання, аналізу та проектування електричних мереж, яке дозволяє аналізувати різні сценарії роботи мережі, включаючи короткі замикання, транзйентні процеси, стабільність системи, втрати потужності та оптимізацію роботи.
- У ETAP можна будувати моделі електричних мереж, налаштовувати параметри елементів (генератори, трансформатори, розподільчі мережі), проводити різноманітні види аналізів та отримувати детальні результати для всіх етапів роботи.

3. Стабільність мережі:

- Стабільність мережі визначається здатністю системи відновлюватися після порушення, такого як коротке замикання. Важливою частиною стабільності є правильне відключення частини мережі, щоб уникнути пошкоджень і забезпечити безперебійну роботу інших частин мережі.

Процес виконання роботи:

1. Моделювання електричної мережі в ETAP:

- Запустіть ETAP і створіть нову модель електричної мережі.
- Додайте необхідні компоненти, такі як джерела енергії (генератори), трансформатори, розподільчі мережі, навантаження (різні споживачі) та елементи захисту.
- Налаштуйте параметри кожного компонента (напруга, потужність, опір тощо).
- Підключіть компоненти в мережу відповідно до схеми.

2. Аналіз короткого замикання:

- У ETAP виберіть опцію для проведення аналізу короткого замикання.
- Виберіть тип короткого замикання, який ви хочете проаналізувати (однолінійне, дволінійне, трифазне).

- Запустіть аналіз для мережі, щоб отримати дані про струми короткого замикання, падіння напруги та інші параметри.
 - Оцініть результати аналізу, зокрема струми короткого замикання для кожної точки мережі.
3. Оцінка впливу короткого замикання на параметри системи:
- Проаналізуйте, як коротке замикання впливає на струм і напругу в різних точках мережі.
 - Визначте ділянки, де виникає найбільший струм короткого замикання, і де це може привести до перевантажень або пошкоджень.
 - Оцініть, чи потрібно встановити додаткові захисні елементи (перервники, автоматичні вимикачі) для захисту системи.
4. Розрахунок втрат потужності та оптимізація роботи мережі:
- Після аналізу короткого замикання проведіть розрахунок втрат потужності в мережі.
 - Використовуйте ЕТАР для оцінки ефективності роботи системи та визначення ділянок з великими втратами.
 - Розгляньте можливості оптимізації мережі для зменшення втрат потужності (наприклад, зміна параметрів трансформаторів або використання більш ефективних розподільчих елементів).
 - Застосуйте розрахунки для покращення стабільності мережі та зниження ризику перевантажень.
5. Аналіз результатів:
- Перегляньте результати аналізу: струми короткого замикання, падіння напруги, втрати потужності.
 - Оцінка впливу короткого замикання на систему допоможе зрозуміти слабкі місця в мережі та дозволить вжити заходів для покращення захисту і оптимізації роботи мережі.
 - Порівняйте результати для різних типів коротких замикань і визначте найбільш небезпечні ситуації для мережі.

Висновок: Після виконання цієї практичної роботи студент має:

- Ознайомитись з основами використання **ЕТАР** для моделювання електричних мереж та проведення аналізу короткого замикання.
- Навчитися оцінювати вплив короткого замикання на параметри системи, такі як струм, напруга і потужність.
- Оволодіти навичками розрахунку втрат потужності і оптимізації роботи мережі для покращення ефективності та стабільності.

Практична робота 5: Аналіз режимів роботи електричних мереж за допомогою PSpice

Мета: Ознайомлення з використанням **PSpice** для аналізу режимів роботи електричних мереж та їх оптимізації. Метою є навчити студентів створювати схеми електричних мереж, моделювати та аналізувати параметри мережі в різних режимах роботи, а також оптимізувати параметри для досягнення необхідної ефективності.

Завдання:

1. Створення схеми електричної мережі в PSpice:
 - Побудова схеми електричної мережі в PSpice за допомогою компонентів (резистори, індуктивності, джерела напруги та струму тощо).
 - Використання PSpice для підключення компонентів до єдиної електричної мережі.
2. Моделювання та аналіз параметрів мережі в різних режимах роботи:
 - Моделювання мережі в різних робочих режимах (постійного струму, змінного струму, навантаження тощо).
 - Проведення аналізу параметрів мережі, таких як струм, напруга, потужність, коефіцієнт потужності та інші.
 - Здійснення симуляцій для визначення впливу змін у навантаженнях і напругах на систему.
3. Оптимізація параметрів для досягнення необхідної ефективності:
 - Оптимізація параметрів мережі для мінімізації втрат енергії та підвищення ефективності.
 - Пошук оптимальних значень компонентів мережі (резисторів, індуктивностей, джерел живлення), щоб досягти максимального коефіцієнта корисної дії (ККД).

Теоретичні основи:

1. Теорія електричних мереж:
 - Електричні мережі — це системи, що складаються з електричних елементів (резисторів, індуктивностей, конденсаторів, джерел енергії), які з'єднані проводами або іншими провідниками. Мережі можуть бути лінійними або нелінійними, статичними або динамічними.
 - В залежності від типу мережі, використовуються різні методи аналізу, такі як методи для постійного та змінного струму (AC/DC), симуляція навантажень та впливу різних режимів роботи.
2. Методи оптимізації:

- Оптимізація електричних мереж спрямована на підвищення ефективності роботи мережі, зменшення втрат потужності, покращення стабільності та керованості системи.
- Зазвичай застосовуються методи оптимізації для вибору оптимальних параметрів (резистори, трансформатори, джерела струму і напруги) для досягнення найкращих результатів при мінімальних витратах енергії.

3. Особливості роботи з PSpice:

- PSpice — це програмне забезпечення для аналізу електричних схем, яке дозволяє проводити симуляції для систем постійного і змінного струму. PSpice забезпечує можливість розрахунку різних параметрів, таких як струм, напруга, потужність та їх зміни з часом.
- Типи симуляцій в PSpice:
 - DC-анализ — для постійного струму.
 - AC-анализ — для змінного струму.
 - Транз'єнтний аналіз — для дослідження змінних параметрів у часі.

Процес виконання роботи:

1. Створення схеми електричної мережі в PSpice:

- Відкрийте PSpice та створіть новий проект.
- Додайте компоненти:
 - Resistor (R) — резистори.
 - Inductor (L) — індуктивності.
 - Voltage Source (V) — джерело напруги.
 - Current Source (I) — джерело струму.
 - Ground — заземлення.
- З'єднайте компоненти за допомогою проводів, створюючи електричну мережу.

2. Моделювання та аналіз параметрів мережі:

- Виберіть тип симуляції для вашої мережі (DC чи AC).
- Налаштуйте параметри компонентів, таких як номінальні значення опору, індуктивності, напруги і струму.
- Виконайте симуляцію для аналізу напруги, струму та потужності в різних точках мережі.
 - Для DC аналізу: визначте струм і напругу в колі при постійному струмі.
 - Для AC аналізу: аналізуйте реакцію мережі на змінний струм, враховуючи фазові зсуви та коефіцієнт потужності.
- За допомогою PSpice переглядайте графіки для струму, напруги, потужності в часі або в частотній області.

3. Оптимізація параметрів мережі:

- Для досягнення оптимальної ефективності, визначте, як зміна параметрів компонентів (наприклад, зміна значення резистора або індуктивності) впливає на роботу мережі.
- Використовуйте методи оптимізації для покращення ефективності, зменшення втрат потужності та поліпшення стабільності системи.
- Після аналізу параметрів змінійте значення елементів, щоб досягти оптимальних умов роботи.

4. Аналіз результатів:

- Виводьте результати на графіки (в PSpice є можливість побудови графіків залежності напруги, струму та потужності від часу або від змінюваних параметрів).
- Оцінюйте ефективність роботи мережі, вивчаючи падіння напруги, втрати потужності та струми.
- Проаналізуйте, як оптимізація параметрів впливає на стабільність мережі та мінімізацію втрат.

Висновок: Після виконання цієї практичної роботи студент повинен:

- Ознайомитись з основами роботи в PSpice для створення та аналізу електричних мереж.
- Навчитися моделювати мережі в різних режимах роботи (постійного і змінного струму).
- Оволодіти методами оптимізації параметрів мережі для зменшення втрат енергії та підвищення ефективності роботи системи.

Практична робота 6: Розрахунок напруги та струму в лінійних та нелінійних електричних схемах (MATLAB)

Мета: Ознайомити студентів з використанням **MATLAB** для розрахунку електричних параметрів в лінійних та нелінійних схемах. Метою є розвиток навичок розрахунку напруги, струму та інших електричних параметрів для різних типів схем, а також побудова графіків залежностей напруги та струму для подальшого аналізу.

Завдання:

1. Розрахунок параметрів для лінійних та нелінійних електричних схем:

- Розрахувати струм і напругу для лінійної електричної схеми (наприклад, коло з резистором і джерелом напруги).
- Розрахувати параметри для нелінійної електричної схеми (наприклад, діодна схема або система, де елементи мають нелінійні характеристики).

2. Побудова графіків залежностей напруги та струму:
 - Побудувати графіки залежності струму від напруги для лінійної та нелінійної схем.
 - Побудувати графіки в MATLAB для візуалізації результатів, таких як залежність струму від опору чи напруги.
3. Аналіз результатів та порівняння з теоретичними значеннями:
 - Проаналізувати отримані результати, порівняти їх з теоретичними значеннями для лінійних і нелінійних схем.
 - Оцінити точність розрахунків та визначити, наскільки отримані значення відповідають теоретичним.

Теоретичні основи:

1. Лінійні електричні схеми:
 - Лінійні схеми — це такі схеми, в яких всі елементи (резистори, джерела напруги) підкоряються законам лінійної електрики, тобто струм пропорційний напрузі (згідно з законом Ома):
$$I=U/R$$
де I - струм, U - напруга, R - опір.
 - У лінійних схемах для розрахунку струму і напруги використовуються прості математичні вирази.
2. Нелінійні електричні схеми:
 - Нелінійні схеми містять елементи, характеристики яких не є лінійними. Наприклад, діоди або транзистори, у яких залежність струму від напруги не є прямою (лінійною).
 - Для нелінійних схем використовується неперервна функція, що описує нелінійну залежність
3. Методи розрахунку в MATLAB:
 - MATLAB є потужним інструментом для чисельного розв'язання математичних задач. Для лінійних схем використовуються прості математичні вирази, в той час як для нелінійних схем MATLAB дозволяє вирішувати рівняння з використанням чисельних методів (наприклад, через методи обчислення коренів рівнянь, такі як `fzero` або `fminbnd`).

Процес виконання роботи:

1. Розрахунок параметрів для лінійної електричної схеми:

Створимо код для простого лінійного кола, що складається з джерела напруги та резистора.

Код для MATLAB:

matlab

Копировать

% Вхідні дані

U = 10; % Напруга в вольтах

R = 5; % Опір в омах

% Розрахунок струму за законом Ома

I = U / R;

% Виведення результатів

disp(['Струм в лінійній схемі: ', num2str(I), ' A']);

У цьому коді розраховується струм через резистор, коли на нього подається постійна напруга.

2. Розрахунок параметрів для нелінійної електричної схеми:

Розглянемо схему з діодом, де струм залежить від напруги нелінійно. Використаємо рівняння діода для обчислення струму.

Код для MATLAB:

matlab

Копировать

% Вхідні дані

U_diode = 0:0.1:1; % Напруга на діоді від 0 до 1 В

I_0 = 1e-12; % Насичений струм в амперах

n = 1; % Коефіцієнт емісії

V_T = 0.025; % Теплове напруга при кімнатній температурі

% Розрахунок струму для діода за рівнянням Shockley

I_diode = I_0 * (exp(U_diode / (n * V_T)) - 1);

% Побудова графіка залежності струму від напруги

figure;

plot(U_diode, I_diode);

title('Залежність струму від напруги для діода');

xlabel('Напруга (В)');

ylabel('Струм (А)');

Цей код розраховує струм для діода при змінній напрузі від 0 до 1 В і будує графік залежності струму від напруги.

3. Побудова графіків залежностей напруги та струму:

Для лінійної схеми можна побудувати графік залежності струму від напруги (як пряму лінію), а для нелінійної схеми — графік, який показує експоненціальну залежність.

Код для побудови графіків:

matlab

Копировать

% Лінійний графік для лінійної схеми

U_linear = 0:0.1:10; % Напруга для лінійної схеми

I_linear = U_linear / R; % Струм для лінійної схеми

figure;

subplot(2,1,1); % Перша частина вікна для лінійної схеми

plot(U_linear, I_linear);

title('Залежність струму від напруги для лінійної схеми');

xlabel('Напруга (В)');

ylabel('Струм (А)');

% Графік для нелінійної схеми

subplot(2,1,2); % Друга частина вікна для нелінійної схеми

plot(U_diode, I_diode);

title('Залежність струму від напруги для діода');

xlabel('Напруга (В)');

ylabel('Струм (А)');

Цей код буде два графіки: один для лінійної схеми (де струм лінійно залежить від напруги), а другий для нелінійної схеми (де струм експоненціально залежить від напруги).

4. Аналіз результатів:

- Лінійна схема: Струм має лінійну залежність від напруги, що підтверджує закон Ома.
- Нелінійна схема: Для діода графік показує експоненціальне зростання струму при збільшенні напруги, що відповідає теоретичному опису діода.
- Порівняйте результати з теоретичними значеннями, щоб оцінити точність розрахунків.

Висновок: Після виконання цієї роботи студент має:

- Ознайомитись з основами розрахунку напруги та струму для лінійних і нелінійних електричних схем в MATLAB.
- Навчитися використовувати MATLAB для моделювання електричних схем, побудови графіків залежностей та аналізу результатів.
- Порівняти результати з теоретичними значеннями для визначення точності обчислень.

Практична робота 7: Моделювання динаміки електричних систем (Simulink)

Мета: Ознайомити студентів з основами **Simulink** для створення моделі динамічної електричної системи та аналізу її стабільності. Метою є навчити студентів моделювати динамічні системи, оцінювати їхню стабільність при різних навантаженнях та оптимізувати параметри системи для покращення її ефективності та стабільності.

Завдання:

1. Створення моделі динамічної електричної системи:
 - Створення моделі динамічної електричної системи, що включає джерело напруги, індуктивність, резистор і конденсатор, для моделювання електричних коливань.
 - Використання елементів Simulink для побудови електричних схем.
2. Аналіз її роботи при різних навантаженнях:
 - Моделювання роботи системи при змінних навантаженнях та аналіз параметрів системи.
 - Дослідження зміни струму, напруги та енергії при різних значеннях опору та індуктивності.
3. Оцінка стабільності та оптимізація параметрів:
 - Оцінка стабільності роботи електричної системи, зокрема її здатності до відновлення після порушень.
 - Оптимізація параметрів (опір, індуктивність, ємність) для досягнення найкращих характеристик стабільності та ефективності.

Теоретичні основи:

1. Динамічні системи:
 - Динамічна система — це система, в якій змінні параметри змінюються в часі. У випадку електричних систем це можуть бути кола з елементами, що зберігають енергію (індуктивності, конденсатори), або кола з реакцією на змінний струм чи навантаження.
 - Для таких систем використовуються рівняння, що описують еволюцію напруги та струму в часі, як-от рівняння Лагранжа або рівняння для електричних контурів.
2. Моделювання в Simulink:
 - Simulink — це графічне середовище для моделювання і симуляції динамічних систем, яке інтегрується з MATLAB. Воно дозволяє створювати моделі систем, де елементи системи представлені блоками. Ці блоки з'єднуються лініями, що передають сигнали (напруги, струми, тощо) між елементами.

- Для моделювання електричних систем в Simulink використовуються компоненти, такі як Voltage Source, Resistor, Inductor, Capacitor та інші.

3. Методи стабільності:

- Стабільність системи означає її здатність до відновлення після порушень. У контексті електричних мереж стабільність описує, чи зможе система зберегти нормальну роботу після змін у навантаженнях, коротких замиканнях чи зміні напруги.
- Для аналізу стабільності часто використовуються методи відкритої петлі (аналітичний підхід) або імпульсні методи, що дозволяють вивчати реакцію системи на зовнішні зміни.

Процес виконання роботи:

1. Створення моделі динамічної електричної системи:

- Відкрийте Simulink і створіть нову модель.
- Додайте блоки для створення електричного кола:
 - DC Voltage Source — джерело напруги.
 - Resistor — резистор.
 - Inductor — індуктивність.
 - Capacitor — конденсатор.
 - Scope — для візуалізації результатів.
- Підключіть блоки за схемою електричного кола, налаштуйте значення компонентів (наприклад, $R=10\ \Omega$, $L=1\ \text{Гн}$, $C=1\ \mu\text{Ф}$).

2. Аналіз роботи системи при різних навантаженнях:

- Використовуйте Variable Resistor або змінні значення опору, щоб змінювати навантаження системи.
- Виконайте симуляцію для визначення змін у струмі та напрузі при різних значеннях навантаження.
- Для змінного навантаження використовуйте AC Voltage Source та Current Source для створення перемінних умов роботи.
- Виводьте результати за допомогою Scope або записуйте їх для подальшого аналізу.

3. Оцінка стабільності та оптимізація параметрів:

- Для аналізу стабільності спостерігайте, як система реагує на зміну параметрів (наприклад, збільшення опору або зміна джерела напруги).
- Використовуйте PID Controller або інші алгоритми для оптимізації параметрів системи, наприклад, для мінімізації коливань в струмі або напрузі.

- Запустіть симуляцію з різними значеннями параметрів і спостерігайте за стабільністю роботи системи.

4. Аналіз результатів:

- Використовуйте Scope для побудови графіків залежностей струму та напруги від часу.
- Аналізуйте ці графіки для визначення стабільності системи, рівноваги між компонентами та ефективності роботи системи при змінних навантаженнях.
- Оцінюйте, як оптимізація параметрів (наприклад, налаштування значення опору або індуктивності) впливає на стабільність і ефективність системи.

Аналіз результатів:

- Проаналізуйте графіки та результати симуляцій:
 - Як змінюються струм і напруга при змінних навантаженнях?
 - Які зміни в параметрах дозволяють покращити стабільність системи?
 - Чи є на графіках осциляції або інші ознаки нестабільної роботи системи?
 - Оцініть, чи досягнуто оптимальних значень параметрів для зменшення коливань чи мінімізації втрат.

Висновок: Після виконання цієї практичної роботи студент повинен:

- Ознайомитись з основами моделювання динамічних електричних систем у **Simulink**.
- Навчитися змінювати параметри електричної системи та спостерігати за її стабільністю при різних навантаженнях.
- Оволодіти методами оптимізації для покращення стабільності та ефективності роботи електричної системи.

Практична робота 8: Проектування та оптимізація електричних мереж з використанням ЕТАР

Мета: Ознайомлення з використанням програмного забезпечення **ЕТАР** для проектування та оптимізації роботи електричних мереж. Метою є навчити студентів створювати моделі електричних мереж, оптимізувати їх параметри для зниження втрат енергії та підвищення ефективності, а також проводити аналіз результатів проектування і вносити необхідні корективи.

Завдання:

1. Проектування електричної мережі в ЕТАР:
 - Створення моделі електричної мережі в ЕТАР: додавання елементів мережі, таких як генератори, трансформатори, кабелі, лінії, навантаження, пристрої захисту.

- Налаштування параметрів елементів мережі відповідно до проектних вимог.
 - Проведення базового аналізу мережі для перевірки її працездатності (наприклад, перевірка струмів, напруг, коротких замикань).
2. Оптимізація параметрів мережі для зниження втрат та підвищення ефективності:
- Аналіз поточних втрат енергії в мережі та оптимізація параметрів елементів мережі (наприклад, трансформаторів, кабелів, ліній) для зниження цих втрат.
 - Застосування різних методів оптимізації (наприклад, зміна номінальних значень опору, вибір більш ефективних трансформаторів і розподільчих елементів).
 - Проведення симуляцій для визначення ефективності внесених змін.
3. Аналіз результатів проектування та внесення коректив:
- Проведення аналізу отриманих результатів після оптимізації: оцінка зниження втрат енергії, покращення стабільності роботи мережі.
 - Внесення коректив в проект на основі результатів аналізу (наприклад, зміна параметрів захисту, коригування маршруту ліній).

Теоретичні основи:

1. Проектування електричних мереж:
- Проектування електричних мереж передбачає створення схеми розподілу електричної енергії від джерела до споживачів. В процесі проектування визначаються основні елементи мережі (генератори, трансформатори, лінії передачі, розподільчі шафи тощо) та їх параметри.
 - Важливою частиною проектування є вибір оптимальних параметрів для забезпечення надійної і ефективної роботи системи.
2. Методи оптимізації роботи системи:
- Оптимізація мережі включає в себе вибір таких параметрів, що дозволяють зменшити втрати енергії, підвищити коефіцієнт потужності, поліпшити стабільність та надійність роботи системи.
 - Основні методи оптимізації: підбір елементів мережі для мінімізації витрат енергії, використання найкращих трансформаторів і кабелів для зниження втрат потужності, налаштування захистів для забезпечення безпеки мережі.
3. Особливості роботи з ETAP:
- ETAP (Electrical Transient Analyzer Program) — це спеціалізоване програмне забезпечення для моделювання, аналізу та проектування електричних мереж. Воно дозволяє створювати електричні схеми, оптимізувати параметри елементів мережі, проводити симуляції та аналізи (наприклад, аналіз короткого замикання, стійкості, втрат потужності).
 - Основні можливості ETAP включають:

- Створення моделі електричної мережі.
- Проведення різноманітних видів аналізу (DC, AC, трансформатори, лінії, генератори).
- Оптимізація мережі для зниження втрат та підвищення ефективності.

Процес виконання роботи:

1. Проектування електричної мережі в ETAP:

- Відкрийте ETAP і створіть нову модель електричної мережі.
- Додайте елементи мережі:
 - Power Source — джерело енергії (генератор або джерело живлення).
 - Transformer — трансформатори для підвищення або зниження напруги.
 - Transmission Lines — лінії передачі для розподілу енергії.
 - Load — навантаження (споживачі енергії).
 - Protective Devices — пристрої захисту для забезпечення безпеки.
- Підключіть елементи за допомогою відповідних ліній для створення повної електричної схеми.

2. Оптимізація параметрів мережі для зниження втрат та підвищення ефективності:

- Проведіть аналіз втрат потужності в мережі.
- Для оптимізації мережі виконайте такі дії:
 - Вибір оптимальних трансформаторів: вибір трансформаторів з найменшими втратами.
 - Аналіз ліній: оптимізація довжини та типу кабелів для зменшення втрат на передачу енергії.
 - Розподіл навантаження: перерозподіл навантаження між лініями для зниження перевантажень.
- Використовуйте інструменти ETAP для перевірки ефективності внесених змін, наприклад, за допомогою аналізу втрат потужності або стабільності мережі.

3. Аналіз результатів проектування та внесення коректив:

- Проаналізуйте результати моделювання: перевірте ефективність роботи мережі при різних параметрах (наприклад, чи знизились втрати потужності, чи покращилась стабільність).
- Внесіть корективи у проект на основі результатів аналізу:
 - Змініть параметри трансформаторів або кабелів для зменшення втрат.
 - Додайте пристрої захисту для покращення безпеки.
- Знову проведіть симуляцію для перевірки внесених змін.

4. Оцінка ефективності та оптимізації:

- Перегляньте результати роботи системи після оптимізації: зниження втрат потужності, підвищення стабільності та ефективності.
- Оцініть покращення ефективності роботи мережі, зниження втрат потужності та оптимальність параметрів системи.

Аналіз результатів:

- Оцінка ефективності проектування: порівняйте втрати потужності до і після оптимізації.
- Перевірка стабільності мережі: оцінка стабільності роботи після змін у параметрах мережі.
- Порівняння результатів з теоретичними значеннями для визначення точності та ефективності внесених змін.

Висновок: Після виконання цієї практичної роботи студент повинен:

- Ознайомитись з основами проектування електричних мереж у ЕТАР.
- Навчитися оптимізувати параметри мережі для зниження втрат та підвищення ефективності.
- Оволодіти методами аналізу та коригування проектів електричних мереж для покращення їх стабільності та ефективності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 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>
2. 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>
3. Литвинов А. Л. Чисельні методи: теорія і практика : навч. посіб. / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. 166 с. URL: <https://surl.li/ljucur>
4. All About Circuits Team. Textbook for Electrical Engineering & Electronics. Online edition. URL: <https://www.allaboutcircuits.com/textbook>
5. 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), Kremenchuk, Ukraine, 27–30 September 2023. 2023. URL: <https://doi.org/10.1109/mees61502.2023.10402456>
6. 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), Kremenchuk, Ukraine, 27–30 September 2023. 2023. URL: <https://doi.org/10.1109/mees61502.2023.10402456>
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. Concurrent Engineering. Why You Need Engineering Calculation Software. URL: <https://www.concurrent-engineering.co.uk/Blog/bid/92925/Why-you-need-engineering-calculation-software>
9. ConstructionPlacements. List of Engineering Calculation Software. URL: <https://www.constructionplacements.com/engineering-calculation-software-list/>
10. Dystlab TechEditor. URL: <https://dystlab.com/en/techeditor>
11. EDN Network. Engineering articles and tutorials. URL: <https://www.edn.com>
12. 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>

13. Electrical Engineering Portal. Download Center. URL: <https://electrical-engineering-portal.com/download-center>
14. InstituteData. Math for Software Engineering. URL: <https://www.institutedata.com/blog/math-for-software-engineering/>
15. Kuo, T. M. Simulink and MATLAB for Engineers / T. M. Kuo, A. D. Oppenheim. – International Edition. – 2nd ed. – Pearson Education, 2009. – 432 p.
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>
17. Pressman R. S., Maxim B. R. Software Engineering: A Practitioner's Approach. 9th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2019. 944 p.
18. PTC Mathcad. Engineering Calculations Software. URL: <https://support.ptc.com/mathcad/engineering-calculations-software/>
19. ScienceDirect. Article: The application of numerical methods in engineering. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221509862034252X>

Навчальне видання

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В ІНЖЕНЕРНИХ РОЗРАХУНКАХ

методичні рекомендації

Укладач: **Мартиненко** Володимир Олександрович

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 2,0.

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.