

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

**«ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА ТА
ПРОГРАМУВАННЯ»**
Об'єктно-орієнтоване програмування

Розрахункова робота

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою
«Системи забезпечення споживачів електричної енергії», «Енергетичний
менеджмент та енергоефективні технології», «Інжиніринг інтелектуальних
електротехнічних та мехатронних комплексів»
спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка*

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2022

ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА ТА ПРОГРАМУВАННЯ: Об'єктно-орієнтоване програмування Розрахункова робота [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Д. В. Філянін, В. П. Опришко, В. О. Броницький, А. О. Журавльов. – Електронні текстові дані (1 файл: 0,483 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 13 с.

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 5 від 26.05.2022 р.)
за поданням Вченої ради НН ІЕЕ (протокол № 8 від 28.03.2022 р.)*

Електронне мережне навчальне видання

«ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

Об'єктно-орієнтоване програмування

Розрахункова робота

Укладачі: *Філянін Данило Володимирович*, канд. техн. наук, асистент.
Віталій Павлович Опришко, канд. техн. наук, ст. викл.
Вадим Олегович Броницький, асистент.
Андрій Олександрович Журавльов, ст. викл.

Відповідальний
редактор *Попов В. А.*, д-р техн. наук, доцент

Рецензент *Данілін А. В.*, канд. техн. наук, доцент кафедри АЕМК НН ІЕЕ
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Навчальний посібник з дисципліни «ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА ТА ПРОГРАМУВАННЯ: Об'єктно-орієнтоване програмування. Розрахункова робота» містить в собі методичні вказівки та завдання до виконання розрахункової роботи. Передбачає наявність у студентів знань та умінь, одержаних під час вивчення кредитних модулів таких дисциплін як «Вища математика», «Загальна фізика», «Теоретичні основи електротехніки».

Призначений для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Системи забезпечення споживачів електричної енергії», «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології», «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів» спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022

Зміст

Тема 4

Мета	4
Завдання	4
Варіанти завдань.....	5
Стислі теоретичні відомості.....	5
Критерії оцінювання роботи	9
Список літератури.....	11
Додаток 1.....	12
Додаток 2.....	13

Тема

Використання мови програмування C# для вирішення інженерних задач.

Мета

В спеціальних дисциплінах студенти виконують різноманітні інженерні розрахунки, зустрічаються з необхідністю використання різних методів обчислювальної математики. Дана розрахункова робота пов'язана з практичним використанням можливостей об'єктно-орієнтованого програмування мовою C# для розрахунку електричних кіл змінного струму.

Метою розрахункової роботи є опанування методів розробки програмного забезпечення мовою C# для вирішення практичних електротехнічних задач.

Завдання

Розробити програму з графічним інтерфейсом користувача для розрахунку однофазного кола синусоїдного струму. Завдання базується на положеннях розрахунково-графічної роботи з курсу «Теоретичні основи електротехніки», яку студенти виконували протягом семестру, і полягає в наступному:

1. для схеми електричного кола згідно отриманого варіанту розрахувати струми всіх елементів кола;
2. скласти баланс активних P і реактивних Q потужностей кола;
3. побудувати графічні залежності показів вольтметра від значень елементів (ЕРС та опорів) згідно отриманого варіанту.

В програмі потрібно передбачити можливість:

- задавати всі параметри електричного кола, що потрібні для розрахунку, через відповідні поля введення;
- зберігати поточні введені значення у файл з можливістю відновлення стану розрахунку (виконати серіалізацію даних у файл);
- зберігати результати розрахунку у текстовий файл;
- зберігати отримані графічні залежності у файл.

Для виконання електротехнічних розрахунків можна використати будь-який метод на вибір. Для розв'язання системи рівнянь, отриманих в процесі вирішення завдання, пропонується скористатися методом Гауса (за бажання, можна використовувати будь-який інший метод).

Варіанти завдань

Схеми електричного кола наведені у додатку 2. Взаємну індуктивність при розрахунках не враховувати. Параметри для побудови графічних залежностей представлені в табл. 1. Номер варіанту задає викладач.

Таблиця 1. Параметри побудови графічних залежностей

№ варіанту	Параметр	№ варіанту	Параметр	№ варіанту	Параметр
1	E_1, R_1, X_{L1}	11	X_{C3}, R_3, X_{L1}	21	E_2, R_1, X_{C1}
2	E_1, R_2, X_{L1}	12	X_{C2}, R_4, X_{L1}	22	E_2, R_2, X_{C1}
3	E_1, R_3, X_{L1}	13	X_{C1}, R_1, X_{L2}	23	E_2, R_3, X_{C1}
4	E_1, R_4, X_{L2}	14	X_{C3}, R_2, X_{L2}	24	E_2, R_4, X_{C2}
5	E_1, R_1, X_{L2}	15	X_{C2}, R_3, X_{L2}	25	E_2, R_1, X_{C2}
6	E_1, R_2, X_{L2}	16	X_{C1}, R_4, X_{L3}	26	E_2, R_2, X_{C2}
7	E_1, R_3, X_{L3}	17	X_{C3}, R_1, X_{L3}	27	E_2, R_3, X_{C3}
8	E_1, R_4, X_{L3}	18	X_{C2}, R_2, X_{L3}	28	E_2, R_4, X_{C3}
9	E_1, R_1, X_{L3}	19	X_{C1}, R_3, X_{L1}	29	E_2, R_1, X_{C3}
10	E_1, R_2, X_{L1}	20	X_{C3}, R_4, X_{L1}	30	E_2, R_2, X_{C1}

Стислі теоретичні відомості

З теоретичними відомостями щодо методів розрахунку однофазних кіл змінного струму можна ознайомитися наприклад у [1-3], а також використовуючи матеріали курсу «Теоретичні основи електротехніки». При використанні даних методів виникає необхідність розв'язувати системи лінійних алгебраїчних рівнянь.

Розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь виду:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1 \\ \dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n = b_m \end{cases} \quad (1)$$

або у матричній формі запису:

$$[\mathbf{A}][\mathbf{X}] = [\mathbf{B}] \quad (2)$$

можливе прямими методами класичної математики, тобто їх точне розв'язання можна отримати за визначену певну кількість арифметичних дій. В системі (1) a_{ij} ($i = 1 \dots m; j = 1 \dots n$) – відомі числові коефіцієнти, b_i – відомі праві частини, а x_i – обчислювані невідомі величини.

У практичних інженерних задачах матриця $[\mathbf{A}]$ майже завжди квадратна ($m=n$) та неособлива, тобто її визначник не дорівнює нулю. У разі, коли $m > n$ маємо перевизначену систему, що не має розв'язку, а якщо $m < n$, то система недовизначена і має безліч розв'язків $[\mathbf{X}]$, що задовольняють її. Перший випадок свідчить про помилки при створенні математичної моделі явища, другий може мати місце в оптимізаційних задачах. Отже, далі вважатимемо, що матриця $[\mathbf{A}]$ квадратна та неособлива, в наслідок чого її завжди можна обернути, одержавши матрицю $[\mathbf{A}]^{-1}$, а далі, помноживши ліву частину рівняння (2) на цю матрицю, отримати рівняння:

$$[\mathbf{X}] = [\mathbf{A}]^{-1}[\mathbf{B}] \quad (3)$$

яке дозволяє визначити невідомі x_i прямими обчисленнями.

$$[\mathbf{A}]^{-1}[\mathbf{A}][\mathbf{X}] = [\mathbf{A}]^{-1}[\mathbf{B}]$$

$$[\mathbf{A}]^{-1}[\mathbf{A}] = [\mathbf{E}]$$

$$[\mathbf{E}][\mathbf{X}] = [\mathbf{A}]^{-1}[\mathbf{B}]$$

$$[\mathbf{E}][\mathbf{X}] = [\mathbf{X}]$$

$$[\mathbf{X}] = [\mathbf{A}]^{-1}[\mathbf{B}]$$

Тут $[\mathbf{E}]$ – одинична матриця, тобто матриця, у якої головна діагональ має одиниці, а решта елементів нульові.

Метод Гауса

З прямих методів розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь

найчастіше використовується метод Гауса та його модифікації. Обернена матриця $[A]^{-1}$ при цьому в явному вигляді не обчислюється. Процес розв'язання методом Гауса складається з двох чітко розмежованих етапів – прямого та зворотного «ходів». Етап прямого ходу є перетворення початкової системи рівнянь (1) в еквівалентну, що має наступний вигляд:

$$\begin{cases} x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1n}x_n = b_1 \\ x_2 + a_{23}x_3 + \dots + a_{2n}x_n = b_2 \\ x_n = b_n \end{cases} \quad (4)$$

Здійснити таке перетворення можна послідовним повторенням $n-1$ раз наступних однотипних дій/

Коефіцієнти першого рівняння ділять на коефіцієнт a_{11} :

$$a'_{12} = \frac{a_{12}}{a_{11}}; a'_{13} = \frac{a_{13}}{a_{11}}; \dots; a'_{1n} = \frac{a_{1n}}{a_{11}}; b'_1 = \frac{b_1}{a_{11}}$$

В рівняння номер 2, 3, ... , n замість невідомого x_1 , підставляється його формульне значення, одержане з першого рівняння:

$$x_1 = b_1 - a_{12}x_2 - a_{13}x_3 - \dots - a_{1n}x_n$$

після чого зводяться подібні члени. Це по суті досягається коригуванням коефіцієнтів цих рівнянь по формулам:

$$a'_{i,k} = a_{i,k} - a_{i,1}a_{1,k}$$

$$b'_i = b_i - a_{i,1}b_1 \quad (i = 2 \dots n, k = 2 \dots n)$$

В результаті перше рівняння системи отримує вигляд, потрібний для (4), а в решті рівнянь зникає невідоме x_1 . Ці $n-1$ рівняння розглядаються як початкова система й для них повторюються дії 1–2, що дозволяє отримати друге рівняння системи (4).

Послідовне повторення вказаних дій до того часу, поки система (1) не перетвориться в одне рівняння, забезпечує одержання перетвореної системи (4). Зауважимо, що для того щоб потрібні для перетворення дії було можливо виконати, необхідно, щоб кожний діагональний («ведучий») коефіцієнт $a_{i,i}$, не дорівнював нулю. Це можна забезпечити відповідною перестановкою у разі необхідності рівнянь системи (1). Більше того, якщо діагональні, коефіцієнти

по модулю гарантовано більші будь-якого іншого коефіцієнта рівняння ($|a_{i,j}| > |a_{i,k}|$, $i, k=1 \dots n$, $i \neq k$), то похибки обчислень, що виникають внаслідок округлень та втрати останніх цифр, суттєво зменшуються. При перетасуванні рівнянь початкової системи по вказаному критерію вибору діагональних елементів домінуючими виникає модифікація метода Гауса «з вибором головного елемента».

Другий (кінцевий) етап метода Гауса – його «зворотній хід» – веде до обчислення значень шуканого вектору $[X]$ в зворотному циклі по перетвореній до вигляду (4) системі:

З останнього рівняння обчислюється x_n :

$$x_n = b_n$$

Одержане числове значення x_n підставляється в усі $1 \dots (n-1)$ рівняння та зводяться подібні члени. Кількість рівнянь та невідомих x при цьому зменшується на одиницю, а останнє рівняння системи набуває вигляду:

$$x_{n-1} = b_{n-1}$$

Далі кроки повторюються доти, поки не буде отримано числове значення невідомого x_i .

Вимоги до оформлення роботи

Робота оформлюється в електронному або друкованому вигляді на папері стандартного формату A4, на одній стороні аркуша з дотриманням полів:

- зліва – 2,5 см
- зверху – 2 см
- знизу – 2 см
- справа – 1,5 см

Шрифт Times New Roman, розмір 14, міжрядковий інтервал 1,5. Всі сторінки мають бути пронумеровані починаючи зі змісту. Абзацний відступ 1,25 см. Текст в абзацах вирівнюється по ширині сторінки.

Заголовки структурних розділів оформлюються великими прописними літерами, вирівнюються по центру сторінки. Кожен структурний розділ

повинен починатись з нової сторінки.

Заголовки глав виділяються міжрядковим інтервалом. Може використовуватись курсив або напівжирне форматування, розмір шрифту такий самий, як і загальний текст.

Скорочення слів не допускається, крім загальноприйнятих, при першому вживанні вони супроводжуються розшифровуванням.

Структура роботи:

- Титульна сторінка. Приклад оформлення титульної сторінки наведено в додатку 1.

- Зміст
- Завдання
- Теоретичний опис використаних методів розрахунку
- Математичні розрахунки
- Текст програми мовою C# та код розмітки ХЛМЬ графічних вікон програми, а також зображення вікон програми.
- Результати роботи програми
- Висновки
- Список використаної літератури

Критерії оцінювання роботи

В переліку критеріїв оцінювання роботи наводиться частка (у відсотках) від максимального балу, який можна отримати за дану роботу (табл. 2). Максимальний бал залежить від конкретної рейтингової системи з навчальної дисципліни, в якій використовується дана розрахункова робота.

Таблиця 2. Частка від максимального балу

Критерій	Частка, %
Оформлення роботи	15
Теоретичні знання використаних математичних методів	15
Теоретичні знання з програмування	10
Правильність теоретичних розрахунків	15
Знання написаної програми	15
Правильність роботи програми	30

Порядок захисту роботи:

- Перевіряється правильність роботи програми. За наявності значних помилок робота не приймається і повертається на доопрацювання.
- Перевіряється оформлення роботи. У випадку, коли оформлення роботи має значну кількість недоліків, то така робота не приймається і повертається студенту на доопрацювання.
- Перевіряється відповідність теоретичних обрахунків та практичних результатів.
- Перевіряються теоретичні знання студента.

Список літератури

1. Бойко В. С., Бойко В. В., Видолоб Ю. Ф., Курило І. А., Шеховцов В. І., Шидловська Н. А. «Теоретичні основи електротехніки». Т.1. К.: «Політехніка», 2004. 269 с.
2. Зевеке Г. В., Ионкин П. А., Нетушил А. В., Страхов С. В. «Основы теории цепей». М.: Энергоатомиздат. 1989.
3. Нейман Л. Р., Демирчян К. С. «Теоретические основы электротехники». Т.1. М.: Высшая школа. 1981.
4. Бахвалов Н.С. Численные методы. М.: Наука. 1975. 631 с.
5. Калиткин Н.А. Численные методы. М.: Наука. 1978. 512 с.
6. Демидович Б. П., Марон И. А. Основы вычислительно математики. М.: Наука. 1966. 664 с.
7. Волков Е. А. Численные методы. М.: Наука. 1982. 254 с.

Додаток 1

Приклад титульного аркушу розрахункової роботи

Міністерство освіти і науки України

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменджменту

Кафедра електропостачання

Розрахункова робота

з дисципліни

«ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

Виконав:

Студент гр. ОН-99

Іваненко І. І.

Перевірив:

Петренко П. П.

Додаток 2

Варіанти схем однофазного кола (відповідно до «Переліку завдань для розрахункової роботи «РОЗРАХУНОК ОДНОФАЗНОГО КОЛА СИНУСОЇДНОГО СТРУМУ» з дисципліни «Теоретичні основи електротехніки»)

