

АНАЛІЗ ПЕРЕХІДНОГО ПРОЦЕСУ ПРИ ПІДМИКАННІ КОЛИВАЛЬНОГО КОНТУРУ ДО ДЖЕРЕЛА ПОСТІЙНОЇ НАПРУГИ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛЕКТРОННИХ ТАБЛИЦЬ EXCEL

Використання комп'ютерних моделей та чисельні методів дозволяє суттєво розширити коло електротехнічних задач, які можуть бути розв'язані. Для цього доцільно використовувати програму для розрахунків, яка не потребує спеціальної підготовки. Такий умові відповідає табличний процесор Microsoft Office Excel, яким користуються більшість студентів для здійснення розрахунків, що супроводжуються графічними побудовами. Хоча він має менше можливостей у порівнянні зі спеціалізованими пакетами (MathCAD, MathLAB та інші), але він дозволяє, на підставі відносно простих алгоритмів чисельного розв'язання диференційних рівнянь, створити математичні моделі значної кількості задач з електротехніки.

Розглянемо задачу моделювання перехідного процесу при підмиканні послідовного коливального контуру до джерела постійної напруги. При цьому для розв'язання диференційного рівняння використовуємо метод Ейлера, який призводить до правильного результату за достатньо малого кроку за часом.

Припустимо, що в електричному колі (рис. 1), яке містить послідовно з'єднані резистивний R , ємнісний C й індуктивний L елементи, до комутації ключ Q був розімкнений, а конденсатор не заряджений. Отже, початкові умови є нульовими: $i(0_-) = 0$; $u_C(0_-) = 0$.

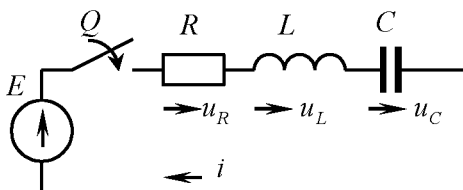


Рисунок 1 – послідовний коливальний контур

Запишемо рівняння електричної рівноваги на підставі другого закону Кірхгофа для коливального контуру після комутації

$$u_R + u_L + u_C = E .$$

З урахуванням співвідношень між струмом і напругами пасивних елементів кола маємо

$$R \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \cdot \int i \cdot dt = E.$$

Продиференціюємо обидві частини рівняння

$$R \cdot \frac{di}{dt} + L \cdot \frac{d^2i}{dt^2} + \frac{1}{C} \cdot i = 0 \quad \text{або} \quad L \cdot \frac{d^2i}{dt^2} + R \cdot \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \cdot i = 0.$$

Оскільки це рівняння другого порядку, то розв'язок обов'язково містить 2 постійні інтегрування. Тому для визначення перехідного струму необхідно знати не тільки чисельне значення струмі при $t=0+$, але й чисельне значення його першої похідної в цей момент часу. Ці значення знайдемо, використовуючи початкові умови, закони комутації й другий закон Кірхгофа

$$i(0_-) = i(0_+) = 0;$$

$$u_C(0_-) = u_C(0_+) = 0;$$

$$R \cdot i(0_+) + u_C(0_+) + L \frac{di}{dt}(0_+) = E.$$

Звідси

$$i(0_+) = 0;$$

$$\frac{di}{dt}(0_+) = \frac{E}{L}.$$

При складанні програми використовуємо метод Ейлера. Нехай n - номер кроку, Δt - довжина кроку. Тоді маємо

$$\frac{d^2i}{dt^2}_{n+1} = -\frac{R}{L} \cdot \frac{di}{dt}_n - \frac{1}{L \cdot C} \cdot i_n; \quad \frac{di}{dt}_{n+1} = \frac{di}{dt}_n + \frac{d^2i}{dt^2}_{n+1} \cdot \Delta t;$$

$$i_{n+1} = i_n + \frac{di}{dt}_n \cdot \Delta t; \quad t_n = n \cdot \Delta t.$$

У запису програми замість першої та другої похідних струму використовуємо змінні, які позначимо di та ddi .

Срин програми представлено на рис. 2.

```

Sub Макрос1()
' Перехідний процес у коливальному контурі
E = 10: R = 10: L = 0.04: C = 0.0002: i = 0: di = E / L:
t = 0: dt = 0.0002: n = 1:
While t < 0.05
UR = R * i: UL = L * di: UC = E - UR - UL:
Cells(n, 1) = t: Cells(n, 2) = i: Cells(n, 3) = UR:
Cells(n, 4) = UL: Cells(n, 5) = UC:
ddi = -i / (L * C) - di * (R / L): di = di + ddi * dt:
i = i + di * dt:
t = t + dt: n = n + 1:
Wend
End Sub

```

Рисунок 2 - Скрин програми розв'язання диференційного рівняння

На рис.3 представлені результати розрахунку

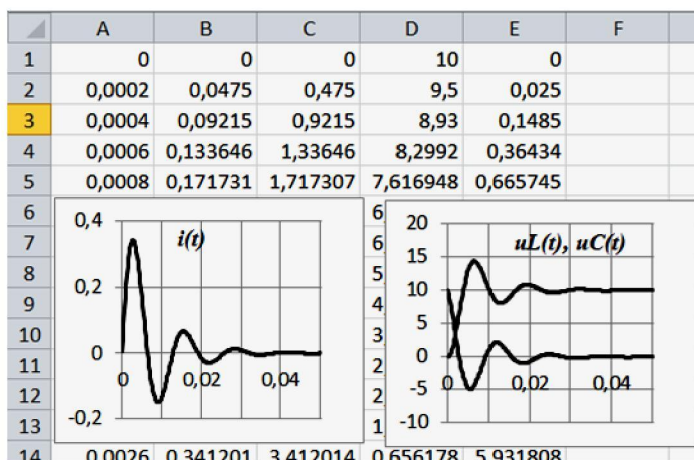


Рисунок 2 - Скрин результатів розрахунку

Як бачимо з графіків перехідний процес коливальний, загасаючий. Змінюючи у макросі параметри електричного кола можна досягти інших видів перехідного процесу

Висновки. Використання подібних комп'ютерних моделей на базі електронних таблиць Ексел сприяє встановленню міждисциплінарних зв'язків між математикою, інформатикою та електротехнікою. Вони можуть бути впроваджені при проведенні учбових досліджень, курсових та кваліфікаційних робіт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Курбатова Е.А. Microsoft Office Excel 2003. Стислий курс.
2. Козлов В.В., Набокова В.В. Теоретичні основи електротехніки. Усталені режими у лінійних електричних колах.