

УДК 621.313

Руренко Б.В.¹, Кравченко М.Б.², Тиховод С.М.³

¹ студ. гр. Е-910м НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Ез-210м НУ «Запорізька політехніка»

³ д-р. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

МЕТОДИКА І КОМП'ЮТЕРНА ПРОГРАМА МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПРОЦЕСІВ У КОЛАХ ЗМІННОГО СТРУМУ ДОВІЛЬНОЇ КОНФІГУРАЦІЇ

Для розрахунку електричних кіл покладені три основних закони: перший - закон струмів Кірхгофа (ЗСК), другий - закон напруг Кірхгофа (ЗНК) и закон зв'язку струмів и напруг елементів (характеристики вітки).

Ми будемо використовувати топологічні методи для автоматичного складання лінійних алгебраїчних рівнянь на основі законів Кірхгофа.

Топологія схем розглядає такі властивості складних схем, які пов'язані тільки з сполукою віток.

Природнім шляхом для опису інформації, є зображення спрямованостей графа G_d , що відповідає даній схемі N у відповідності з наступним правилом: Кожен елемент з двома виводами замінюється на лінійний сегмент, званий гілкою, що має стрілку в тому напрямку, в якому приймається позитивний напрямку Струму через Цю вітку.

Хоча спрямований граф G_d , повністю описується сполукою и опорних напрямку віток складної схеми, ця форма виразу незручно для запису в пам'яті ЕОМ. Для запису в цифровому виді найзручніше представлення у виді

матриць. Інформація, що міститься в напрямку графі Gd інформація може бути повністю представлена матрицею, званої матрицею інцидентцій.

Для спрямованостей графа Gd з n вузлами и b вітками матрицею інцидентцій є n x b матриця:

$$A_a = [a_{ij}] \quad (1)$$

де $a_{ij} = 1$, якщо вітка j належить вузлу i її стрілка спрямована від вузла i; $a_{ij} = -1$, якщо вітка j належить вузлу i і стрілка спрямована до вузла i; $a_{ij} = 0$, якщо вітка j не належить вузлу i.

Для того, щоб компактно описати рівняння ЗНК у вигляді єдиного матричного рівняння, необхідно ввести іншу матрицю, яка називається матрицею контурів (матрицею схеми), що відповідає спрямованому графу. Розглянемо спрямований граф Gd. Нехай в Gd буде nb контурів. Кожному контуру приписана одна з двох можливих орієнтацій, які охоплюють стрілками. Такі контури називаються орієнтованими. Дано наступне визначення.

Матриця контурів B_a . Для спрямованого графа Gd з b вітками i nb орієнтованими контурами матриця контурів буде nb x b матрицею:

$$B_a = [b_{ij}] \quad (2)$$

де $b_{ij} = 1$, якщо вітка j входить в контур i та їх напрям однаково; $b_{ij} = -1$, якщо вітка j входить в контур i та їх напрям протилежний; $b_{ij} = 0$, якщо вітка j не входить в контур i.

Закон струмів Кірхгофа формулюється так: алгебраїчна сума струмів, що входять (виходять) в будь-який вузол складної схеми, завжди дорівнює нулю. Більш загальна форма ЗСК говорить, що алгебраїчна сума всіх струмів через перетин завжди дорівнює нулю.

Друга форма ЗСК є більш загальною, тому що перетин може охоплювати всі вітки, що сходяться у вузлі, а може і не охоплювати.

Щоб висловити рівняння узагальненого ЗСК у вигляді єдиного матричного рівняння, введемо іншу матрицю, яка називається матрицею перетинів (стосовно поданого графу).

Матриця перетину D_a . Для спрямованого графа Gd з b вітками i nc орієнтованими перетинами ми визначаємо матрицю перетину як nc x b матрицю наступного виду:

$$D_a = [d_{ij}] \quad (3)$$

де $d_{ij}=1$, якщо вітка j знаходиться в перетині i та їх напрям збігаються;
 $d_{ij}=-1$, якщо вітка j знаходиться в перетині i та їх напрям протилежні; $d_{ij}=0$,
якщо вітка j не перебуває у перетині.

Тепер ми покажемо, як матриці A , B і D можуть бути отримані за допомогою ЕОМ. Це є суттєвим кроком у розвитку деяких орієнтованих на користувача програм машинного аналізу схем.

Отримання матриці A_a . Віткам графа схеми ми ставимо у відповідність послідовні числа, звані номерами віток (зазвичай починаються з 1). Подібно до цього вузлів графа схеми ставляться у відповідність номера вузлів, які також є послідовними числами, що починаються від 1. Якщо вітка k з'єднує вузли i та j із стрілкою, направленою до вузла, ми записуємо інформацію наступним кодом: (k, i, j) .

Кожен триплет чисел може бути введений в машину.

Розроблена математична модель призначена для реалізації в вигляді програмного комплексу Complex. Дані задаються у вигляді рядків текстового файлу. Спочатку за допомогою підпрограми DataCircuit виробляється введення рядків текстового файлу і перетворення в числовий масив.

Для отримання матриць B і D ЕОМ повинна спочатку здійснити вибір дерева. Дуже часто дерево T повинно бути вибрано з урахуванням деяких попередніх вимог до порядку розгляду різних типів схемних елементів, що входять в дерево.

Таким чином, маючи матрицю інцидентій і дерево ланцюга, можна отримати матриці перетинів і контурів, що досить для побудови повної системи рівнянь, складених за законами струмів і напруг Кірхгофа.

На підставі викладеного розроблений програмний комплекс, що складається з головної програми Complex і підпрограми DataCircuit.

Таблиця вихідних даних набирається в редакторі «Блокнот» і поміщається в папку з основною програмою і підпрограмою.

Після пуску видаються значення матриці інцидентій і вектор значень всіх струмів.

Викладена методика, реалізована у вигляді програми, відрізняється тим, що розрахунок струмів виконується без розрахунку напруги, що дає економію комп'ютерної пам'яті. Це актуально для схем, що містять велику кількість елементів, що характерно для практичних виробів.

Дана програма поширюється вільно, може працювати в безкоштовній середовищі GNU Octave і доступна всім студентам України.